

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

**IMPACTO DIFERENCIAL DE LA EDUCACIÓN Y LA TECNOLOGÍA EN EL
CRECIMIENTO ECONÓMICO: UN ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL
PERIODO 2010-2017**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

FLORES CAIZA ABIGAIL CAMARY

abigail.flores@epn.edu.ec

DIRECTORA: ANDREA GABRIELA BONILLA BOLAÑOS, Ph.D.

andrea.bonilla@epn.edu.ec

Quito, diciembre 2022

DECLARACIÓN

Yo, Abigail Camary Flores Caiza declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

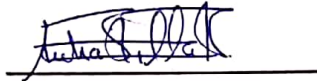
La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Abigail Camary Flores Caiza

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Abigail Camary Flores Caiza bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andrea G. Bolaños', is written over a solid horizontal line.

Andrea Gabriela Bonilla Bolaños
DIRECTORA

AGRADECIMIENTO

A mis padres Mayra y Julio, por haberme brindado su apoyo y amor incondicional durante las distintas etapas de mi vida. A mi hermano Tomás, por entenderme en los momentos duros e incluso sacrificar sus actividades por ayudarme. A toda mi familia, por haber estado dispuesta a escucharme cuando más lo he necesitado. A mis hermosos perritos Matías y Princesa, quienes han estado a mi lado durante las largas noches de desvelo. A Giss, Marce, Katty, Joss, Karen, Eymy, y demás amigos que durante mi estadía en la universidad me motivaron para seguir adelante aun cuando sentía que ya no podía más. Por último, a mi tutora Gabriela Bonilla, muchas gracias por siempre estar dispuesta a ayudarme, sus palabras de aliento, paciencia, comprensión y apoyo, sin duda una parte fundamental en este proceso, siempre estaré agradecida.

¡A todos muchas gracias!

Abi

DEDICATORIA

A mis padres que me han brindado todo su amor y apoyo, que se han sacrificado por darnos una vida digna a mí y a mi hermano a pesar de las adversidades.

Abi

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
PREFACIO	XIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivo general.....	8
1.4. Objetivos específicos	8
2. MARCO TEÓRICO-EMPÍRICO.....	9
2.1. Marco teórico.....	9
2.1.1. Inicios de la teoría sobre el crecimiento económico: Una revisión de las principales teorías que surgieron entre el siglo XVIII y 1940	10
2.1.2. Teorías modernas y contemporáneas	14
2.2. Marco empírico.....	15
2.2.1. Crecimiento económico y digitalización.....	16
2.2.2. Crecimiento económico y educación	23
2.2.3. Crecimiento económico y otros determinantes	28
3. DATOS Y METODOLOGÍA	33
3.1. Datos	33
3.2. Descripción de las variables.....	34
3.2.1. Variable dependiente.....	34
3.2.2. Variables independientes.....	35
3.2.2.1. Variables relacionadas con la educación	35
3.2.2.2. Variables relacionadas con las TIC	36
3.2.2.3. Variables de control.....	36

3.3. Metodología.....	39
3.3.1. Especificación de los modelos	41
3.3.2. Proceso de imputación	42
3.3.3. Estimación.....	44
3.3.3.1. Estimación sin considerar la potencial endogeneidad de las variables explicativas incluidas en los modelos.....	44
3.3.3.1.1. Metodología de efectos fijos.....	44
3.3.3.1.2. Pruebas de validación de los modelos de efectos fijos	44
3.3.3.1.3. Corrección de los problemas presentados en el modelo de efectos fijos	48
3.3.3.2. Estimación considerando la potencial endogeneidad de las variables explicativas incluidas en los modelos.....	48
3.3.3.2.1. Análisis de endogeneidad: Test de Durbin-Wu-Hausman.....	48
3.3.3.2.2. Método de variables instrumentales y el método generalizado de momentos.....	50
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	52
5. CONCLUSIONES.....	72
6. LIMITACIONES Y PISTAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA	75
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	99
Anexo A. Listado de países incluidos en los grupos de interés y categorización dependiendo del nivel de ingreso al que pertenece.....	99
Anexo B. Ejemplo de interpolación lineal.....	100
Anexo C. Resultados del test de Little.....	101
Anexo D. Porcentaje de datos faltantes	102
Anexo E. Análisis de correlaciones y multicolinealidad	103
Anexo F. Elección entre MCO agrupados y efectos fijos.....	105
Anexo G. Elección entre efectos aleatorios y efectos fijos.....	105

Anexo H. Prueba de efectos fijos bidireccionales	106
Anexo I. Prueba de heterocedasticidad modificada para datos de panel	106
Anexo J. Prueba de correlación contemporánea o dependencia transversal.....	106
Anexo K. Test de Ramsey modificado para panel (antes de incluir CEL2 en el modelo de alto ingreso).....	106
Anexo L. Test de Ramsey modificado para panel (después de incluir CEL2 en el modelo de alto ingreso).....	107
Anexo M. Test de Durbin-Wu-Hausman robusto a la heterocedasticidad aplicado a datos de panel.....	107
Anexo N. Prueba de subidentificación.....	108
Anexo O. Prueba de identificación débil	108
Anexo P. Formalización de los modelos que se estimaron.....	110
Anexo Q. Estimación de modelos sin imputar, periodo 2012-2017	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.2.1. Síntesis de las variables incluidas y efectos esperados	38
Tabla 4.1. Estadística descriptiva de los datos correspondientes al grupo de países de alto ingreso	52
Tabla 4.2. Estadística descriptiva de los datos correspondientes al grupo de países de medio y bajo ingreso.....	53
Tabla 4.3. Estimaciones de los modelos correspondientes al grupo de países de alto ingreso	57
Tabla 4.4. Estimaciones de los modelos correspondientes al grupo de países de medio y bajo ingreso.....	58
Tabla A.1. Categorización de países por grupo analizado y nivel de ingreso.....	99
Tabla B.1. Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%), Burundi periodo 2010-2017 (antes de imputar).....	100
Tabla B.2. Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%), Burundi periodo 2010-2017 (después de imputar por interpolación lineal).....	101
Tabla C.1. Test de Little	101
Tabla D.1. Datos faltantes por variable (países de alto ingreso)	102
Tabla D.2. Datos faltantes del total de información disponible para el grupo de países de alto ingreso	102
Tabla D.3. Datos faltantes por variable (países de medio y bajo ingreso)	102
Tabla D.4. Datos faltantes del total de información disponible para el grupo de países de medio y bajo ingreso.....	102
Tabla E.1. Matriz de correlaciones (grupo de alto ingreso)	103
Tabla E.2. Matriz de correlaciones (grupo de medio y bajo ingreso)	103
Tabla E.3. Análisis de multicolinealidad (modelo de alto ingreso).....	104
Tabla E.4. Análisis de multicolinealidad (modelo de medio y bajo ingreso).....	105
Tabla F.1. Prueba F restringida	105
Tabla G.1. Test de Hausman	105
Tabla H.1. Prueba de efectos fijos bidireccionales.....	106

Tabla I.1. Prueba de heterocedasticidad modificada para datos de panel	106
Tabla J.1. Prueba de correlación contemporánea	106
Tabla K.1. Test de Ramsey modificado para panel (resultados antes de agregar al modelo de alto ingreso la variable CEL2)	106
Tabla L.1. Test de Ramsey modificado para panel (resultados después de agregar al modelo de alto ingreso la variable CEL2)	107
Tabla M.1. Test de Durbin-Wu-Hausman (modelo de alto ingreso).....	107
Tabla M.2. Test de Durbin-Wu-Hausman (modelo de medio y bajo ingreso).....	107
Tabla N.1. Prueba de subidentificación (modelo de alto ingreso).....	108
Tabla N.2. Prueba de subidentificación (modelo de medio y bajo ingreso).....	108
Tabla O.1. Valores críticos de la prueba de identificación débil de Stock-Yogo.....	108
Tabla O.2. Prueba de identificación débil (modelo de alto ingreso)	109
Tabla O.3. Prueba de identificación débil (modelo de medio y bajo ingreso)	109
Tabla Q.1. Estimaciones del modelo correspondiente a los países de alto ingreso, periodo 2012-2017 (sin imputar).....	118
Tabla Q.2. Estimaciones de los modelos correspondientes a los países de medio y bajo ingreso, periodo 2012-2017 (sin imputar)	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.1. Penetración de las TIC dependiendo del nivel de desarrollo	2
Figura 1.1.2. Porcentaje promedio de alumnos que aprueban las habilidades mínimas requeridas en una prueba de aprendizaje, por nivel de desarrollo y región.....	4

RESUMEN

Una de las problemáticas de mayor relevancia en el contexto actual es la existencia de una profunda brecha digital y educativa. Por tanto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y la educación en el crecimiento económico de países que presentan distintos niveles de ingreso. Con este propósito, se utilizó información disponible en los Indicadores del Desarrollo Mundial del repositorio de datos del Banco Mundial. Así, se consideró evaluar a 63 economías durante el periodo 2010-2017, las cuales fueron clasificadas en 2 grupos: el grupo de economías de alto ingreso (constituido por 32 países) y el grupo de economías de bajo y medio ingreso (constituido por 7 países de ingreso bajo, 10 países de ingreso medio bajo y 14 países de ingreso medio alto). Con esta información, se implementó un modelo de crecimiento estático para cada grupo de países, siendo el método generalizado de momentos la metodología más adecuada para estimarlos dada la presencia problemas de endogeneidad.

El análisis aquí realizado evidencia que las características sociales, económicas y políticas de cada grupo de países afectan la manera en que su crecimiento económico se beneficia a partir de la educación y la digitalización. Referente a la educación, los resultados sugieren que mientras más alto es el ingreso de una economía los niveles de educación que se requieren para incentivar su crecimiento son cada vez superiores. En tanto a la digitalización, la falta de capital humano capacitado, infraestructura deficiente, bajas tasas de penetración de las tecnologías, entre otros factores, estarían causando que las economías de bajo y medio ingreso no logren aprovechar los beneficios que se les atribuye a las TIC en términos de crecimiento económico. De lo anterior, se vuelve evidente que para implementar políticas efectivas que impulsen el crecimiento económico es importante considerar el contexto específico del conjunto de economías que se analizan.

Palabras clave: Nivel de ingreso, crecimiento económico, educación y digitalización.

ABSTRACT

One of the most relevant problems in the current context is the existence of a deep educational and digital gap. Therefore, this research aims to evaluate the impact of Information and Communication Technologies (ICTs) and education in the economic growth of countries with different income levels. For this purpose, information available in the World Development Indicators of the World Bank data repository was used. Thus, 63 economies were evaluated over the period 2010-2017, these economies were classified into 2 groups: the group of high-income economies (including 32 countries) and the group of low-and middle-income economies (including 7 low-income countries, 10 lower-middle-income countries and 14 upper-middle-income countries). With this information, a static growth model was implemented for each group of countries, being the generalized method of moments the most appropriate methodology to estimate them given the presence of endogeneity problems.

The analysis carried out here shows that the social, economic, and political characteristics of each group of countries affect the way in which their economic growth benefits from education and digitization. Regarding education, the results suggest that the higher the income of an economy, the level of education required to promote its growth is higher. Considering digitization, the lack of trained human capital, poor infrastructure, low technology penetration rates, among other factors, cause low-and middle-income economies to fail to take advantage of the benefits attributed to ICTs in terms of economic growth. Thus, it becomes evident that in order to implement effective policies to promote economic growth, it is important to consider the specific context of the set of economies that are analyzed.

Keywords: Income level, economic growth, education and digitization.

PREFACIO

El sector de las TIC se presenta como un área de vital importancia en el contexto actual. Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones y el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (2019), las TIC estimulan la competitividad y la productividad de las economías. Por tanto, estas tecnologías se constituyen como la base fundamental de una economía digital capaz de promocionar crecimiento, desarrollo, bienestar e integración social.

Referente a la educación, este es un factor cuyos beneficios son evidentes tanto a nivel individual como a nivel nacional. De hecho, la educación incide positivamente en la autoestima de las personas; además, mejora sus condiciones laborales y salariales. En cuanto a nivel país, la educación se posiciona como una herramienta fundamental en el fortalecimiento de las instituciones, la disminución de la pobreza, la generación de innovaciones y la promoción del crecimiento (Banco Mundial, 2019b).

No obstante, uno de los problemas a los que la sociedad se enfrenta es la existencia de una brecha en cuanto a digitalización y educación. Al respecto, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2017) advierte que las economías en desarrollo y países menos adelantados todavía presentan dificultades para beneficiarse de las TIC. Situación que resulta inusual al considerar el avance significativo que ha experimentado la conectividad durante la última década. Lo propio sucede con la educación, pues, la deficiente calidad educativa y reducidas tasas de finalización en los distintos niveles de educación son problemas que se acentúan a medida que el nivel de ingreso de las economías disminuye (World Bank, 2018b). De lo anterior, se evidencia que algunas naciones presentan dificultades al momento de acceder a los factores de interés.

El grado de acceso a la educación y la digitalización depende de las características propias de cada economía. Sin embargo, mientras más restringido es el acceso a estos factores, más difícil es que las naciones logren aprovechar sus beneficios. Por tanto, considerando la importancia que la educación y la digitalización tienen en la actualidad, estas limitaciones vuelven más vulnerables a las economías frente a situaciones fortuitas como la pandemia de COVID-19 (Economic Commission for Latin American and the Caribbean, 2021). Los argumentos presentados exponen la trascendencia de conocer la forma en la que tanto la educación como la digitalización influyen sobre el crecimiento económico de los países considerando de alguna manera el nivel de desarrollo o nivel de ingreso. De este modo, es posible implementar

políticas que reduzcan gradualmente las disparidades existentes. Esto a su vez, permite promover dentro de cada economía un aprovechamiento óptimo de la educación y las TIC en aras de generar crecimiento económico y mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos.

En consecuencia, el presente estudio tiene como objetivo principal evaluar el impacto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y la educación en el crecimiento económico de países que presentan distintos niveles de ingreso. En este propósito, el estudio se encuentra estructurado de la siguiente manera:

El **Capítulo 1** expone de manera general la problemática que motiva esta investigación, resalta su importancia y da a conocer los objetivos que se buscan alcanzar a partir de este estudio.

En cuanto al **Capítulo 2**, este da a conocer el marco teórico-empírico de la investigación. Por lo cual, el capítulo resume las principales teorías desarrolladas sobre el crecimiento económico y expone los resultados de literatura relevante. De ahí que, este apartado busca evidenciar los distintos efectos que pueden tener tanto la digitalización como la educación sobre el crecimiento económico de las economías que presentan distintos niveles de ingreso. Asimismo, trata de identificar los factores que potencialmente causan dichos efectos. El análisis en cuestión será importante al momento de interpretar los resultados.

Por su parte, el **Capítulo 3** brinda información trascendental sobre la base de datos utilizada y expone el procedimiento metodológico usado para dar respuesta al objetivo general. Así, el capítulo describe brevemente la base de datos empleada en el estudio, define a las variables que serán analizadas y da a conocer el efecto esperado de las mismas sobre el crecimiento económico. De igual manera, expone la especificación de los modelos que se estiman, las técnicas de estimación implementadas, además de detallar paso a paso las pruebas de validación realizadas a cada uno de los modelos.

Respecto al **Capítulo 4**, este comienza realizando un análisis de la estadística descriptiva. Lo anterior, permite conocer de manera general la dinámica de las variables que se examinan en el contexto de cada uno de los grupos de países que se consideran. Seguidamente, se realiza la discusión de los resultados obtenidos a partir de los modelos estimados y validados conforme el procedimiento planteado en el **Capítulo 3**. Estos resultados son analizados primero considerando la literatura revisada en el **Capítulo 2**; y posteriormente, son contrastados con la realidad. Este

análisis se efectúa utilizando información disponible en reportes oficiales emitidos por organizaciones internacionales especializadas en abordar temas relacionados a la digitalización y la educación.

El **Capítulo 5** incluye las conclusiones obtenidas de la investigación. Adicionalmente, se exponen algunas ideas para la implementación de políticas que reduzcan de manera gradual la brecha existente tanto en materia de educación como de digitalización.

Para finalizar, el **Capítulo 6** expone las limitaciones que presentó este estudio. Asimismo, este apartado plantea algunos temas de interés que podrían complementar los resultados aquí expuestos.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El estudio del crecimiento económico resulta fundamental en la economía. Mankiw (2014) destaca la superioridad del crecimiento económico frente a otras temáticas analizadas en la macroeconomía. El autor expone que es este el que a largo plazo se constituye como pilar fundamental del bienestar económico. De la misma manera, Sala-i-Martin (2000) expresa que pequeñas diferencias sostenidas en la tasa de crecimiento durante largos periodos de tiempo provocan significativas diferencias en el bienestar social y el ingreso per cápita a largo plazo. En consecuencia, el identificar los factores que afectan al crecimiento y establecer políticas que lo incentiven se vuelve fundamental para los macroeconomistas.

El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC¹) ha experimentado un desarrollo extraordinario durante las últimas tres décadas. Este rápido progreso ha posicionado a las TIC como un factor fundamental del desempeño económico y social en todos los países independientemente de su nivel de desarrollo (Habibi y Zabardast, 2020). En efecto, la cifra de hogares con acceso a Internet pasó de ser menor al 20% en 2005 a alcanzar el 60% en 2018. Es así que, para 2018 el 51,2% de la población ya se beneficiaba de este servicio. Asimismo, el periodo 2007-2018 evidenció un incremento persistente en el número de abonados a banda ancha fija y móvil, siendo estas últimas las que experimentaron un crecimiento más significativo. De esta manera, 4,0 de cada 100 habitantes adquirieron una suscripción al servicio de banda ancha móvil en 2007; mientras que, en 2018 la cifra ascendió a 69,3 de cada 100 habitantes (International Telecommunication Union, 2018). Considerando datos más actualizados, en 2020 el 93% de la población mundial tuvo acceso a una red de banda ancha móvil. De hecho, aunque en 2020 existió una pequeña ralentización en el incremento del número de suscripciones activas de banda ancha móvil y fija, la tendencia a crecer se mantiene (International Telecommunication Union, 2020b).

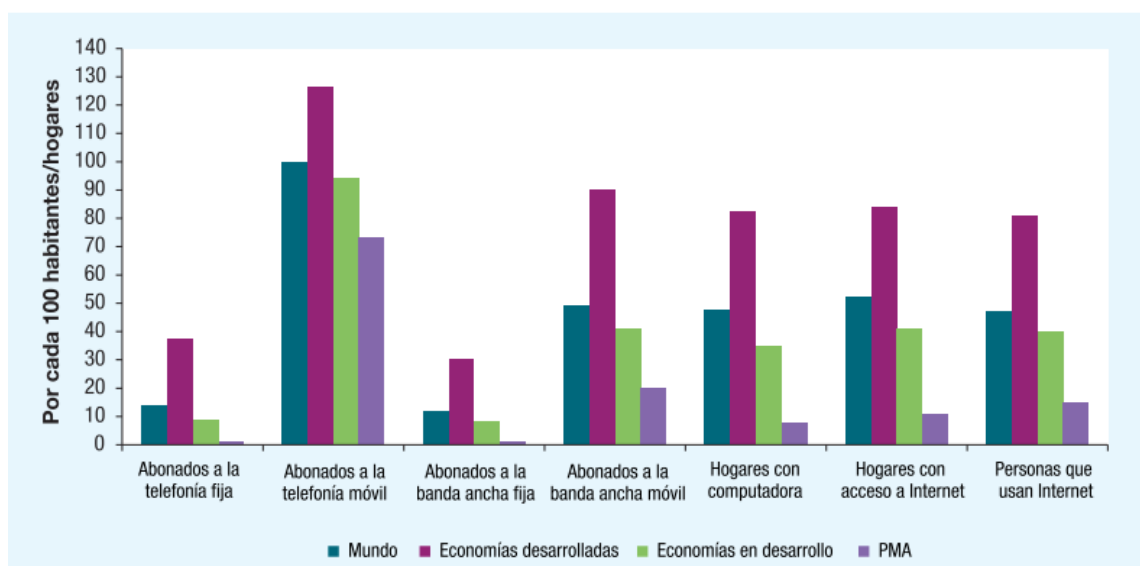
Ahora bien, frente a la importancia de la digitalización como un factor determinante de la prosperidad económica, surge un nuevo debate relacionado con el impacto diferencial que esta pueda tener dependiendo de características particulares de

¹ El plural de la sigla TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) se advierte anteponiendo un artículo u otra palabra que haga referencia al plural. Por otro lado, las formas TICs o TICS no son correctas en español (FundéuRAE, 2022).

un país o conjunto de países. En este sentido, Dewan y Kraemer (2000) expresan que los países desarrollados ya disponen de capital humano, infraestructura, instituciones gubernamentales y políticas que permiten un mejor aprovechamiento de las TIC. Por tanto, la manera de beneficiarse de una nación frente a la digitalización puede variar dependiendo de sus características.

Lo anterior, hace referencia a una brecha digital existente entre países. Al respecto, la **Figura 1.1.1.** presentando datos del 2016, evidencia que la capacidad de acceder a las TIC decrece a medida que el nivel de desarrollo disminuye. Referente a esto, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2017) alerta que a pesar del avance significativo que ha experimentado la conectividad durante la última década, persiste la dificultad de las economías en desarrollo y los países menos avanzados a acceder a estas tecnologías.

Figura 1.1.1. Penetración de las TIC dependiendo del nivel de desarrollo



Nota. Los datos aquí presentados son estimaciones correspondientes al año 2016.

Fuente: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2017)

De hecho, las diferencias significativas en cuanto a acceso continúan. Así, a 2019, cuatro de cada cinco habitantes de países desarrollados tuvieron acceso a Internet; no obstante, en los países menos adelantados apenas una de cada cinco personas se benefició de este servicio. En consecuencia, en estas últimas economías, el acceso a Internet se convierte en un verdadero privilegio (Naciones Unidas, 2019).

Igualmente, se evidencia una brecha digital dentro de una misma nación o región, siendo este el caso de la brecha urbano-rural. En esta línea, Ziegler et al. (2020) al analizar 24 países de América Latina y el Caribe, evidencian que el 71% de la población residente en la ciudad dispone de servicios de conectividad de calidad. Por otro lado, en las zonas rurales la cifra apenas alcanza el 36,8%.

Sin duda una problemática relacionada con la brecha digital es la carencia de habilidades respecto al uso de las TIC. De esta manera, a 2018 un tercio de la población no poseía conocimientos básicos, por ejemplo, ejecutar acciones como copiar, cortar y pegar; el 41% poseía conocimientos fundamentales en los que se incluyen acciones como configurar o instalar programas; y, por último, el 4% de la población tuvo conocimiento sobre lenguaje de programación. De ahí que, la falta de habilidades suficientes se convierte en una barrera que impide el aprovechamiento eficiente de las TIC (International Telecommunication Union, 2018).

En este contexto, resulta de interés incluir en la discusión a otro factor determinante en el crecimiento económico: la educación. La educación cumple un rol trascendental en la innovación y el crecimiento económico a largo plazo (Habibi y Zabardast, 2020). En esta línea, el estudio de Billon et al. (2017) encuentra que las diferencias en los niveles de logro educativo dentro de los países afectan negativamente al impacto del uso del Internet en el crecimiento económico. Si bien el autor evidencia este comportamiento en todos los países independientemente de su nivel de renta, señala que este impacto es más significativo para los países de bajo y medio ingreso. En consecuencia, la educación podría convertirse en una limitación potencial para el desarrollo de este último grupo.

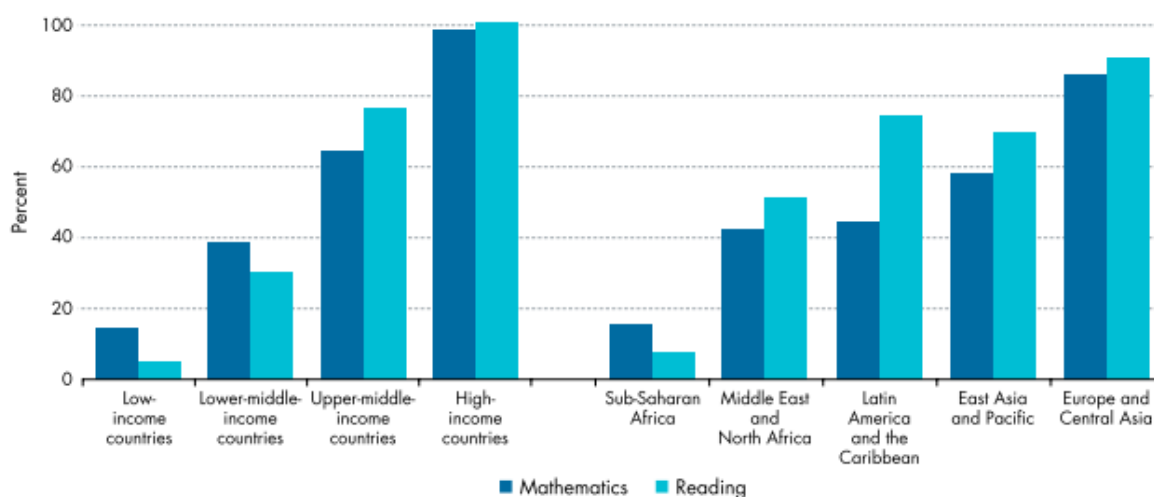
A pesar de que los indicadores de la educación han mejorado, las diferencias entre regiones persisten. Por ejemplo, en el periodo 2000-2018, la tasa bruta de matrícula de educación superior global se duplicó del 19% al 38%. Aun así, fueron Asia oriental y sudoriental, además de Asia central y meridional quienes lideraron dicha expansión (Vieira do Nascimento et al., 2020).

No obstante, el incremento del acceso a la educación no asegura el aprendizaje. En esta línea, el Banco Mundial (2019b) señala que uno de los pilares de la actual crisis de aprendizaje es la baja calidad de la educación. Según el organismo, esta problemática estaría presente especialmente en los países más pobres. Lo anterior, ha provocado que cientos de millones de niños alcancen la adultez sin haber adquirido por lo menos destrezas básicas. Por el contrario, Abadzi (2014) expone que en los

países de ingresos más altos la calidad de la educación permite que incluso los estudiantes con un desempeño deficiente sean capaces de alcanzar habilidades básicas.

Esta disparidad es ilustrada en la **Figura 1.1.2**. La **Figura 1.1.2**, muestra que el porcentaje de estudiantes que aprueban la habilidad mínima requerida tanto en matemáticas como en lectura disminuye a medida que el nivel de ingreso decrece. Adicionalmente, se perciben diferencias significativas especialmente al comparar a los países de alto ingreso respecto a los países de bajo ingreso. En conclusión, el sistema educativo mundial está fuertemente caracterizado por las divergencias existentes en cuanto a la calidad de la educación.

Figura 1.1.2. *Porcentaje promedio de alumnos que aprueban las habilidades mínimas requeridas en una prueba de aprendizaje, por nivel de desarrollo y región*



Nota. Los estudiantes evaluados se encuentran por finalizar la instrucción primaria. Además, las pruebas de aprendizaje corresponden a las materias de Matemáticas y Lectura.

Fuente: World Bank (2018b)

En este sentido, es evidente que el comprender cómo influye la digitalización y la educación en el crecimiento económico de los países diferenciando de alguna manera el nivel de desarrollo se vuelve fundamental para implementar políticas efectivas que ayuden a impulsar el crecimiento económico y reducir la brecha preexistente. Este tema toma aún más relevancia en el contexto actual. Pues, la pandemia ha provocado que toda actividad (incluso la educación) dependa de la tecnología. Por consiguiente, ha ahondado la brecha tecnológica y amenazado seriamente el bienestar social no solo presente sino también futuro (Arias, 2020).

Así, este trabajo busca contribuir a la discusión mediante el análisis tanto del efecto de la educación (considerando el nivel primario, secundario y terciario) como de la digitalización sobre el crecimiento económico de países con distinto nivel de ingreso durante el periodo 2010-2017. La pregunta de investigación a responder será: ¿cuál es el impacto de la tecnología (TIC) y la educación en el crecimiento económico de países que presentan distintos niveles de ingreso para el periodo 2010-2017?

1.2. Justificación

Desde el surgimiento de la teoría del crecimiento económico, la educación y la tecnología se posicionaron como factores claves de este proceso. De esta manera, Adam Smith, Thomas Malthus y David Ricardo ya destacaron la importancia del progreso tecnológico y el capital físico y humano en el crecimiento económico. Lo propio hicieron los economistas clásicos de principios de siglo XX como Ramsey, Knight, Young o Shumpeter (Sala-i-Martin, 2000). De hecho, la economía moderna siguió desarrollando esta teoría. Así, Solow planteó que el progreso tecnológico es el único capaz de promover un crecimiento perpetuado de la renta por trabajador. De igual manera, recaló la influencia que la educación tiene sobre la eficiencia del trabajo. Posteriormente, se desarrollaron modelos en los cuales la tecnología se consideraría un factor endógeno, como el denominado modelo AK (Mankiw, 2014).

Considerando como base la teoría desarrollada, varios autores han buscado determinar el impacto del capital humano sobre el crecimiento económico. Con este fin, las variables proxy de capital humano preferidas por la literatura económica son las variables relacionadas con la educación. Lo anterior se debe a que de todas las dimensiones que abarca el capital humano, la educación es una de las más importantes (Pegkas y Tsamadias, 2014; Becker, 1992). En realidad, la educación, además de impulsar la productividad y la eficiencia, interviene significativamente en el proceso de difusión y acumulación del capital humano (Hayat y Sarwar, 2021).

Respecto a su efecto sobre el crecimiento, la literatura no logra establecer un único signo esperado. Así, tanto la teoría económica como una parte significativa de la literatura han resaltado la existencia de una relación positiva entre la educación y el crecimiento. En este grupo se encuentran las investigaciones de Chen y Feng (1996), Bbaale y Mutenyo (2011), Amin et al. (2020) y Mankiw et al. (1992). De hecho, Mankiw et al. (1992) recalcan que la educación es uno de los factores que explican la diferencia del ingreso per cápita entre países. Por otro lado, McMahon (1998), Pritchett

(2001) y Pereira y Aubyn (2009) evidencian que la educación puede afectar negativamente al crecimiento económico. Conforme con Pritchett (2001), los factores que pueden provocar este efecto se relacionan con un entorno institucional obsoleto, burocracia de baja calidad, desfase entre la oferta y demanda de mano de obra y la ausencia de calidad en la educación. En tanto que, McMahon (1998) además de los dos últimos factores, menciona a la migración y la congestión de alumnos en las aulas. De igual manera, varios estudios concluyen que mientras más avanzada es la economía se requiere de un mayor nivel educativo para promover el crecimiento, como lo indican Lee y Kim (2009), Petrakis y Stamatakis (2002) y Keller (2006). Pues, las economías experimentan un paulatino proceso de industrialización (Acemoglu et al., 2006; Vandebussche et al., 2006; Perez-Sebastian, 2007; Madsen et al., 2010; Agénor y Dinh, 2013; Agénor y Alpaslan, 2018; Cherif y Hasanov, 2019).

Por otro lado, la historia reciente ha asociado a la tecnología con la digitalización. La digitalización es un término entendido como el proceso resultante del desarrollo de las comunicaciones y aplicaciones digitales que revolucionan las actividades socio institucionales y el ambiente tecno-económico (International Telecommunication Union, 2020a). Asimismo, Farhadi et al. (2012) señalan que las TIC promueven el desarrollo de los sectores económicos y abren nuevas fronteras al comercio. Por consiguiente, estas tecnologías han revolucionado el proceso de globalización y han cambiado la forma en la que se maneja la economía.

Al igual que la educación, el efecto esperado del impacto de las TIC sobre el crecimiento económico se presenta como un gran debate en los estudios económicos. En este sentido, varios estudios como Castaldo et al. (2017), Choi y Yi (2009) y Jiménez et al. (2014) encuentran que determinadas TIC impactan positivamente sobre el crecimiento. No obstante, existen circunstancias en las que las TIC inciden negativamente sobre el fenómeno de interés. Aghion y Howitt (1998) atribuyen este efecto a factores como el desempleo tecnológico y la posición que una economía ocupa en la dinámica del comercio internacional. Por su parte, Andrianaivo y Kpodar (2011) responsabilizan a las bajas tasas de penetración. Finalmente, Hayaloglu (2015) señala a las características propias de una tecnología. Asimismo, se discute que las economías menos avanzadas no han desarrollado un entorno adecuado que les permita aprovechar los beneficios atribuidos a las TIC (Dewan y Kraemer, 2000; Pohjola, 2000; Chatterjee, 2020; Chavula, 2013).

Del mismo modo, tanto la teoría como la evidencia empírica advierten de un nexo existente entre la educación y el uso de TIC. En esta línea, estudios como los de Nelson y Phelps (1966), Benhabib y Spiegel (1994) y Herrendorf et al. (2014) concluyen que la educación genera habilidades y conocimientos que posibilitan una mejor adopción de las tecnologías. Según los autores, esta conexión sería capaz incluso de promover un cambio estructural en las economías menos avanzadas.

Por tanto, el estudio que aquí se propone no solo es de importancia empírica para la teoría económica, sino que es incluso más relevante en el contexto actual. De hecho, la pandemia de COVID-19 transformó todos los aspectos de la sociedad e impulsó a una rápida digitalización que terminó por acentuar las divergencias ya existentes entre países (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2020). Por mencionar un ejemplo, la Organización Internacional del Trabajo (2020) señala que ante la emergencia sanitaria un 65% de los jóvenes de los países de ingreso alto fueron capaces de asistir a sus clases virtuales; en los países de ingreso medio, esta cifra se redujo a 55% ; mientras que, en los países de ingreso bajo, tan solo el 18% de los jóvenes gozó de este privilegio.

Si bien el periodo considerado no incluye al año 2020 en el cual la OMS declaró al brote de la enfermedad de COVID-19 como pandemia, el analizar y comprender cómo la infraestructura en telecomunicaciones afecta al crecimiento económico de cada grupo de países (diferenciados por su nivel de ingreso) se constituye como una herramienta importante para los responsables de formulación de políticas. La afirmación previa se considera, dado que los resultados de esta investigación aportan información útil al momento de proponer políticas que impulsen el uso de las TIC; y, por consiguiente, ayuden a reducir la brecha digital existente que se profundizó tras la llegada de la pandemia.

Por otro lado, el estudiar las variables relacionadas con la educación resulta interesante por las siguientes razones: las estadísticas sugieren que estas pueden influenciar en el impacto que las TIC tienen sobre el crecimiento económico; además, permite comprender la función que cumple la educación en cada grupo de países y evidenciar si los esfuerzos de los gobiernos por impulsarla han sido efectivos. Sin embargo, la utilidad del análisis de la educación va más allá de la implementación de políticas que fomenten el crecimiento económico. En realidad, la educación promueve

la generación de naciones más igualitarias, conscientes, participativas, sostenibles y más preparadas para afrontar una crisis como la actual (Giannini y Brandolino, 2020).

1.3. Objetivo general

Evaluar el impacto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y la educación en el crecimiento económico de países que presentan distintos niveles de ingreso.

1.4. Objetivos específicos

- Indagar sobre la existencia de un nexo entre la contribución de un tipo de tecnología y el nivel de ingreso de una economía.
- Evaluar el impacto de la tecnología, representada por: telefonía móvil, conexión a Internet y banda ancha fija, en el crecimiento económico de países con distintos niveles de ingreso.
- Analizar la importancia de distintos niveles de educación en el impacto que tienen las TIC en el crecimiento económico diferenciando el nivel de ingreso de los países.
- Identificar los factores que explican la manera en que la educación y la tecnología influyen sobre el crecimiento económico de países con distintos niveles de ingreso.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO-EMPÍRICO

Términos como producción agregada, recursos y progreso tecnológico se utilizan comúnmente al explicar el crecimiento económico. De esta manera, Blanchard et al. (2012) lo definen como el incremento sostenido en el tiempo de la producción agregada. En esta línea, Brue y Grant (2013) resaltan que este crecimiento es impulsado por una mayor disposición de recursos humanos, naturales y de capital; el perfeccionamiento de dichos recursos, y el aumento de la productividad gracias a los avances tecnológicos. De ahí que, el crecimiento económico se presenta como el incremento constante en el tiempo del valor de todos aquellos servicios y bienes finales elaborados dentro de un sistema económico durante un determinado periodo de interés. A su vez, este crecimiento es resultado del aprovechamiento del progreso tecnológico en el uso de recursos naturales, humanos y de capital.

Por su parte, Kuznets (1973) recalca que el crecimiento económico permite la diversificación de la oferta de bienes. Por tanto, este se define como un impacto a largo plazo en el estilo de vida de una población. De igual forma, el autor menciona que el crecimiento económico es potenciado por el avance tecnológico y complementado por ajustes políticos e ideológicos capaces de optimizar el aprovechamiento de las innovaciones. Enríquez (2016) también destaca la capacidad de este fenómeno de producir variaciones en la composición de los sectores productivos que conforman una economía. Así, a la definición ya establecida, se le suma la incidencia del crecimiento económico en las condiciones de vida de las personas y el rol fundamental que cumplen las acciones políticas e ideológicas en el aprovechamiento de los beneficios consecuentes del cambio tecnológico. Por último, se resalta su comportamiento dinámico y trascendencia en la actividad económica.

2.1. Marco teórico

El objetivo fundamental de la teoría del crecimiento económico es identificar los factores que inciden en el crecimiento a largo plazo. Esto con el fin de establecer políticas útiles que lo estimulen (Sala-i-Martin, 2000). En ese marco, Mankiw (2014) establece que uno de los fines de la teoría del crecimiento económico es comprender el incremento constante del nivel de vida. Por su parte, Enríquez (2016) resalta que una teoría es influenciada por la ideología, la ubicación geográfica, el nivel de desarrollo de la sociedad que rodea al investigador y la parte de la realidad que este desea abordar. En

tal sentido, el comportamiento dinámico de la sociedad ha provocado que la teoría del crecimiento económico evolucione a través del tiempo. Por tal razón, en la presente sección se resumen algunas de las teorías más relevantes.

2.1.1. Inicios de la teoría sobre el crecimiento económico: Una revisión de las principales teorías que surgieron entre el siglo XVIII y 1940

Las primeras teorías del crecimiento económico buscaron indagar sobre los orígenes y dificultades del enriquecimiento y el crecimiento económico. Estos planteamientos entendían al crecimiento económico como una manifestación propia de la distribución de la riqueza y la producción. Igualmente, recalcaron la trascendencia que las estructuras sociales, políticas y económicas tienen en el proceso (Enríquez, 2016; Ucak, 2015). Así, a pesar de que fisiócratas como François Quesnay, mercantilistas como William Petty y otros antecesores de la escuela clásica como David Hume y Richard Cantillon construyeron las bases de esta teoría; se evidenció un desarrollo constante a partir de los pensamientos de Adam Smith, David Ricardo y Tomás Malthus (Brue y Grant, 2013).

Para Smith, quien fue considerado padre de la economía moderna, la riqueza de una nación depende directamente de la razón de trabajadores que desempeñan actividades productivas y de la eficacia con la que se desarrollan dichas actividades. A su vez, este último factor es potenciado por la división del trabajo, la cual depende de la extensión del mercado y la acumulación del capital. Por otro lado, la razón entre el trabajo productivo y no productivo obedece solamente a la acumulación de capital (Landreth y Colander, 2006). Además, Smith señala que la decadencia de las oportunidades de inversión encamina a la economía a un estado estacionario caracterizado por un crecimiento nulo y la ausencia de acumulación de capital². Por ese motivo, plantea la necesidad de disponer continuamente de nuevos mercados, innovaciones, herramientas institucionales y medidas que promuevan la acumulación de capital (Enríquez, 2016).

De acuerdo con Malthus, factores como la división del trabajo, la acumulación de capital, la fertilidad del suelo y el avance tecnológico promueven el crecimiento económico (Zweig, 1979). La doctrina malthusiana se basa en la idea de que la población tiende a aumentar de manera más acelerada que la producción de alimentos;

² Zweig (1979) señala que, para Smith la acumulación de capital es la determinante de la riqueza de las naciones.

planteamiento que ya había sido mencionado por autores como Adam Smith y Benjamin Franklin (Landreth y Colander, 2006). De ahí que, conforme con Malthus, es la divergencia entre el crecimiento de la población y el crecimiento de la producción de alimentos lo que lleva a la economía al estado estacionario. De hecho, sostenía que el crecimiento solo es posible si la población y la producción se incrementan a un nivel semejante (Zweig, 1979).

Respecto a David Ricardo, este autor buscó determinar las leyes que regulan la distribución de la riqueza entre las clases que conforman la sociedad (Landreth y Colander, 2006). Para lo cual, tomó en cuenta la clasificación establecida por Smith, quien consideraba que la sociedad se compone de terratenientes, capitalistas y trabajadores (Kurz, 2018). De acuerdo con Ricardo, el crecimiento económico es impulsado por los beneficios de los capitalistas. Lo anterior, dado que los beneficios promueven el ahorro y la acumulación de capital. Sin embargo, los rendimientos marginales decrecientes asociados a la tierra provocan que el crecimiento no sea perpetuo (Zweig, 1979). Pues, como resultado del principio de rendimientos decrecientes, la capacidad de las tierras menos fértiles de responder a la creciente demanda de alimentos provoca el alza de los precios del grano; a su vez, esto conduce al incremento de la renta y los salarios. En consecuencia, los beneficios se ven afectados y el crecimiento se desacelera paulatinamente. Según Ricardo, si bien el progreso tecnológico frena temporalmente el impacto de los rendimientos decrecientes, no es capaz de evitar que la economía alcance el estado estacionario (Argemí de Abadal et al., 2004).

Posteriormente, John Stuart Mill, influenciado por Say y Ricardo, determina que los salarios reales, los beneficios y las rentas inciden positivamente en el crecimiento. Asimismo, establece que la inversión y la acumulación de capital impulsan la producción (Enríquez, 2016). En cambio, considera que las limitaciones tecnológicas, el incremento demográfico, el decremento de la inversión, los rendimientos decrecientes en la agricultura y una acumulación de capital deficiente conducen a la economía al estado estacionario. Aun así, a diferencia de los autores mencionados previamente, John Stuart Mill no presentó una posición pesimista respecto al estado estacionario. Mill creía que en el estado estacionario se darían las condiciones necesarias para lograr la igualdad económica mediante una redistribución de la riqueza y transformaciones sociales adecuadas (Argemí de Abadal et al., 2004).

Marx, partiendo en gran medida del pensamiento de David Ricardo, planteó una teoría cuyo punto central radica en la disputa económica existente entre trabajadores y capitalistas. En este propósito, adaptó la teoría del valor-trabajo con el fin de sustentar su idea de que los capitalistas explotan el trabajo. Esto lo convertiría en el detractor más reconocido de la economía política clásica (Landreth y Colander, 2006). De esta manera, el pensamiento de Marx establece que la tasa de crecimiento es impulsada por el incremento del ingreso obtenido de la posesión de los medios de producción o el crecimiento de la tasa de explotación (Enríquez, 2016). En donde, la tasa de explotación es entendida como la razón entre la plusvalía apropiada por los capitalistas y el capital variable que se destina como salario (Foley, 2000).

Asimismo, al igual que Mill, Marx sostiene que en la economía se producen movimientos cíclicos a causa de la interacción entre la disminución de la tasa de ganancia y fuerzas como la caída de los valores del capital vinculadas a las crisis. Sin embargo, a medida que las fuerzas que neutralizan la disminución de la tasa de ganancia pierden relevancia, la decadencia de la tasa de ganancia continúa hasta volverse nula. Es en este punto en el que la economía llega al estado estacionario (Walker, 1971). Aun así, en contraste con Mill, para Marx el estado estacionario no es un estado óptimo que tiene lugar en una economía capitalista, sino que es un estado de ruptura que requiere necesariamente de una reorganización económica y un cambio social (Shoul, 1965).

De igual manera, en el último cuarto del siglo XIX se desarrolló la economía neoclásica. No obstante, el único representante de esta corriente que abordó la teoría del crecimiento económico fue Alfred Marshall. Así, Marshall, al igual que Mill, estableció que el progreso tecnológico impulsa el crecimiento temporalmente. Pues, este crecimiento se iría deteriorando a causa de los rendimientos decrecientes en las materias primas y la agricultura (Landreth y Colander, 2006).

Por su parte Schumpeter, si bien no compartía las ideas de Marx, su admiración por el entendimiento de este autor sobre el proceso del cambio económico, lo llevó a plantear su teoría de los ciclos económicos (Brue y Grant, 2013). De acuerdo con esta teoría, la economía sufre de periodos de crisis, los cuales pueden superarse gracias a la introducción del progreso tecnológico en la producción. Para Schumpeter, el crecimiento es potenciado únicamente por las innovaciones incorporadas en la producción por un agente económico al que denomina empresario innovador. El empresario innovador es capaz de aceptar el riesgo con tal de promover la acumulación

de capital mediante un proceso de destrucción creativa (Enríquez, 2016). Por consiguiente, para Schumpeter, el proceso central en el cambio económico es la incorporación de innovaciones (Brue y Grant, 2013). Además de que, el empresario innovador es aquel que tiene la capacidad de alterar el estado estacionario (Reisman, 2004).

Finalmente, Keynes, además de establecer la importancia de la demanda, señaló que tanto la inversión como el ahorro cumplen un papel preponderante en el crecimiento. Aun así, también reconoce la incidencia del progreso tecnológico, la dinámica demográfica y la distribución del ingreso (Enríquez, 2016). Del mismo modo, resaltó que las inversiones a largo plazo responden a un optimismo espontáneo que incide en la toma de decisiones empresariales. A estos impulsos, Keynes los denominó espíritus animales (Lainé, 2014). Siguiendo con las inversiones, Keynes señala que las inversiones se efectúan hasta que la eficiencia marginal del capital y la tasa de interés coinciden. Asimismo, advierte que, la eficiencia marginal de un determinado capital decrece a medida que la inversión en dicho capital aumenta (Brue y Grant, 2013). Por último, propuso la actuación permanente del gobierno mediante política fiscal y monetaria. Según Keynes, esto le permitirá al gobierno incentivar la estabilidad de precios, el empleo y el crecimiento (Brue y Grant, 2013).

En resumen, las teorías de crecimiento económico que se desarrollaron entre el siglo XVIII y 1940 se encargaron de identificar los determinantes de la riqueza de las naciones y el crecimiento económico. Para estos autores, el crecimiento económico se constituye como un proceso que inexorablemente llegaría a un estado estacionario en el cual la economía se estanca. De ahí que, señalar los factores que provocan este comportamiento se convirtió en una prioridad.

Sin embargo, aun cuando la existencia del estado estacionario tuvo gran importancia durante este periodo, también surgieron economistas heterodoxos como Friedrich List y Henry Carey que cuestionaron la validez de dicho razonamiento. Estos investigadores privilegiaron la historia y la observación empírica sobre la teoría concluyendo que los avances tecnológicos pueden superar el efecto de los rendimientos marginales decrecientes (Landreth y Colander, 2006).

2.1.2. Teorías modernas y contemporáneas

Sucesos como la Gran Depresión y la Segunda Guerra Mundial pusieron en evidencia un contexto caracterizado por la ausencia del denominado estado estacionario. En consecuencia, a partir de 1940 nuevas teorías referentes al crecimiento económico surgieron (Enríquez, 2016). Según Landreth y Colander (2006), a diferencia de las teorías desarrolladas hasta ese tiempo, el avance de la estadística y la econometría permitiría que inicialmente las teorías emergentes consideraran modelos y formalizaciones matemáticas mucho más complejas y de baja aplicabilidad empírica. No obstante, Sala-i-Martin (2000) señala que esta corriente finalizaría con el apareamiento de las teorías del desarrollo económico. Estos planteamientos consideraron una visión empírica más útil, aunque de escasa sofisticación matemática. A esta corriente pertenecen los modelos de crecimiento endógeno.

Siguiendo la escuela Keynesiana, el análisis del crecimiento Harrod-Domar plantea que el crecimiento de la producción depende de la demanda. Este análisis, condena al crecimiento económico al desempleo, la crisis y el desequilibrio. Por consiguiente, estos autores incluyeron el criterio de la inestabilidad en cada uno de sus modelos. Del mismo modo, se considera que el avance tecnológico es un componente exógeno al crecimiento (Enríquez, 2016). Dado que es un análisis de enfoque de demanda, los autores buscaron identificar a los determinantes que la impulsan; en especial, todo aquello relacionado con la inversión. Este factor toma importancia, ya que además de impulsar el crecimiento de la producción y los ingresos, influye en el apareamiento de procesos inflacionarios y crisis (Brue y Grant, 2013).

Otro planteamiento importante es el modelo de Solow. Este investigador formula un modelo de crecimiento neoclásico determinado por la oferta, en el cual se considera a la tecnología como un factor exógeno. Esta teoría concluye que la economía siempre vuelve a una ruta de crecimiento equilibrada. De ahí que, demuestra que la economía puede ser estable, contradiciendo así a Harrod y Domar (Landreth y Colander, 2006). Asimismo, determina que el perfeccionamiento de la tecnología incide positivamente sobre la eficiencia del trabajo; por tanto, incrementa la capacidad de la producción. De igual forma, Solow señala que la eficiencia del trabajo también se ve incentivada por el perfeccionamiento de las competencias de las personas en edad de trabajar, además de la mejora de la educación y las condiciones de salud (Mankiw, 2014). Para finalizar, Solow advierte que, a diferencia de la tasa de ahorro, los avances

tecnológicos son capaces de impulsar el crecimiento incluso al alcanzar el estado estacionario. Como resultado, solo los avances tecnológicos provocan un crecimiento persistente. De hecho, son estos los que impulsan más de la mitad del crecimiento que experimenta una economía (Mankiw, 2014; Brue y Grant, 2013).

Más adelante, surgió la teoría del crecimiento endógeno. Las teorías desarrolladas previamente no trataron de explicar el crecimiento sostenido a largo plazo ni los motivos de las divergencias tecnológicas. No obstante, al desarrollar modelos en los cuales el cambio tecnológico es endógeno fue posible abordar estas problemáticas (Howitt, 2010). Ahora bien, considerando que estos modelos tratan de explicar el progreso tecnológico, su objetivo es revelar las decisiones que generan el conocimiento mediante la investigación y el desarrollo (Mankiw, 2014). De hecho, estos modelos demuestran que incluso ante la ausencia de progreso tecnológico en el largo plazo, el gasto en educación y el ahorro son capaces de provocar un crecimiento persistente (Blanchard et al., 2012; Mankiw, 2014). Por este motivo, para Howitt (2010) el crecimiento endógeno se refiere al crecimiento a largo plazo a una proporción establecida por la influencia de varias fuerzas internas, especialmente las que promueven el conocimiento tecnológico.

Al respecto, Sala-i-Martin (2000) señala que la teoría de crecimiento endógeno abarca modelos como el denominado modelo AK, siendo de este tipo los modelos propuestos por Romer (1987) y Rebelo (1991); el modelo de dos sectores de Uzawa (1965) y Lucas (1988); y, los modelos endógenos de tipo Schumpeteriano como los planteados por Romer (1990) y Aghion y Howitt (1998).

A pesar de que la teoría del crecimiento económico es muy amplia, en esta sección solo se abordaron algunas de las teorías más representativas. Aun así, se evidencia la participación fundamental de la educación y la tecnología en el crecimiento, factores cuyo impacto resulta de interés para este estudio.

2.2. Marco empírico

En la sección anterior se evidenció que la teoría del crecimiento económico ha identificado distintos factores que impulsan el crecimiento. En este apartado se hará referencia a los estudios que se han desarrollado siguiendo la teoría. Adicionalmente, se debe resaltar que, en el presente estudio, si bien se incluyen varios factores identificados por la literatura como determinantes del crecimiento económico, se presta

principal atención a aquellos relacionados con las TIC y la educación. Dado lo anterior, se realizará un análisis más minucioso de la literatura referida a estos factores.

2.2.1. Crecimiento económico y digitalización

Tecnologías como los teléfonos móviles, las computadoras y el Internet han llegado a desempeñar un rol importante en la dinámica de la sociedad. Por esa razón, aunque la trascendencia de la tecnología ya había sido planteada desde los inicios de la teoría económica, el estudio de las TIC ha evidenciado un impresionante desarrollo durante los últimos años (Sadorsky, 2012). De hecho, el impacto de las TIC va más allá del ámbito económico. Así, su relevancia ha incidido en problemáticas de índole social como la salud, la pobreza, el analfabetismo, etc (Habibi y Zabardast, 2020).

El término digitalización se define como el proceso resultante del desarrollo de las comunicaciones y aplicaciones digitales que revolucionan las actividades socio institucionales y el ambiente tecno-económico (International Telecommunication Union, 2020a). De esta forma, Lam y Shiu (2010) mencionan que la tecnología ligada a la digitalización promueve la globalización y el crecimiento acelerado de la economía mundial. Pues, las innovaciones resultantes de la digitalización disminuyen los costos de comunicación e incentivan la internalización de los mercados y la producción. De la misma manera, Cardona et al. (2013) recalcan el papel fundamental que ejercen las TIC sobre la productividad de factores de los sectores de una economía. De ahí que, no es extraño que las TIC cumplan un rol trascendental en los procesos de cambio estructural (Zuhdi et al., 2012).

Considerando la relevancia que presentan las TIC en el contexto de la economía global, los estudios empíricos han evidenciado gran interés en evaluar el impacto que estas ejercen sobre el crecimiento económico de los países. En este sentido, tanto la teoría económica como una parte significativa de estudios identifican un impacto positivo de las TIC sobre el crecimiento. Aun así, se han desarrollado investigaciones que evidencian un efecto distinto especialmente en las economías menos avanzadas (Vu, 2011). Por esta razón, se procede a resumir algunos de los resultados obtenidos por distintos autores. Asimismo, se identifican a las tecnologías que comúnmente son evaluadas en la literatura para este propósito. En general, los estudios concuerdan en que el efecto que estas tienen sobre el crecimiento depende de determinadas características de los grupos de países que se evalúan.

Son algunas las tecnologías relacionadas a las TIC que se estudian en la literatura del crecimiento económico; sin embargo, el Internet se constituye como una variable de análisis común. Esto se debe que el Internet es considerado el núcleo principal del proceso de difusión de TIC (Vu, 2011). De esta manera, autores como Choi y Yi (2009), Sassi y Goaid (2013), Hayaloglu (2015), Donou-Adonsou et al. (2016), Chatterjee (2020), Vu (2011) y Jiménez et al. (2014) encuentran que el Internet afecta positiva y significativamente al crecimiento económico. De hecho, tanto los estudios de Donou-Adonsou et al. (2016) y Vu (2011) concluyen que el Internet es aquella tecnología que presenta un mayor efecto marginal sobre el crecimiento, incluso cuando también se analizan otras tecnologías como la telefonía móvil, la telefonía fija y las computadoras personales.

En efecto, son varias las razones por las cuales los autores identifican que el Internet incide de esta forma sobre el crecimiento. El Internet permite que los agentes económicos tengan un acceso ilimitado e inmediato a la información y la ciencia. Por consiguiente, es una herramienta clave en los procesos de difusión y creación de conocimiento (Choi y Yi, 2009; Vu, 2011). Asimismo, estimula la dinámica del comercio, promueve una toma de decisiones más informada, perfecciona los procesos comerciales, optimiza los procesos de producción, adapta actividades tradicionales al contexto de la economía mundial, impulsa la innovación y la productividad, etc (Donou-Adonsou et al., 2016). Acotando a lo anterior, los resultados de Chatterjee (2020) y Sassi y Goaid (2013) evidencian que el Internet promueve el crecimiento por medio de la inclusión financiera. Los autores expresan que la introducción del Internet en el sistema bancario lo vuelve más eficaz, transparente, además de amigable y flexible para el consumidor. Como resultado, fomenta la inclusión financiera, incentiva la inversión y promueve el crecimiento.

Considerando el razonamiento previo, existen estudios que identifican que esta tecnología puede estimular otros determinantes del crecimiento. Por tanto, aun cuando no se observa un efecto directo, el Internet promueve el crecimiento. Esto concluyó

Meijers (2014) quien encontró que el Internet impulsa el crecimiento indirectamente por medio del comercio³.

Una TIC muy relacionada con el Internet es la banda ancha. En general, esta tecnología se asocia al abastecimiento de Internet de alta velocidad (Bouras et al., 2009; Czernich et al., 2011 ; Arvin y Pradhan, 2014 ; Castaldo et al., 2017). Por tal razón, permite implementar mejores procesos, estrategias y productos; fomenta la incorporación de nuevas prácticas laborales; estimula las colaboraciones empresariales; facilita el alcance de nuevos consumidores y proveedores; incentiva la creación, intercambio y distribución de gran cantidad de información dispersa; disminuye las barreras de entrada; genera una mayor transparencia en el mercado, etc. En consecuencia, la banda ancha cumple un papel fundamental en el tratamiento de información descentralizada. Además, impulsa varios mecanismos que promueven la productividad, la innovación, la eficiencia, la competitividad y el crecimiento económico (Bouras et al., 2009; Katz y Avila, 2010; Czernich et al., 2011; Arvin y Pradhan, 2014; Castaldo et al., 2017). Dada esta justificación, estudios como Koutroumpis (2009), Katz y Avila (2010), Czernich et al. (2011), Arvin y Pradhan (2014), Rohman y Bohlin (2012), Gruber et al. (2014), Hayaloglu (2015) y Castaldo et al. (2017) concluyen que esta tecnología impacta positivamente sobre el crecimiento.

Otra tecnología comúnmente analizada es la telefonía móvil. Desde inicios del nuevo milenio la penetración de esta tecnología experimentó un crecimiento significativo a nivel global. En realidad, el crecimiento que evidenció fue más acelerado que el que se observó en la telefonía fija (Gruber y Koutroumpis, 2011; Andrianaivo y Kpodar, 2011; Donou-Adonsou et al., 2016; Chatterjee, 2020). Este comportamiento sería causado debido a las ventajas derivadas del uso de la telefonía móvil. Pues, esta tecnología ofrece varias aplicaciones que facilitan las actividades cotidianas, presenta un menor costo de acceso, permite adquirir tarjetas prepagadas, etc. Adicionalmente, la flexibilidad de su infraestructura posibilita que las redes de telefonía móvil puedan construirse rápidamente y beneficiar a un mayor número de usuarios. De ahí que, permite llegar a grupos nuevos de la población. Esto resulta de utilidad especialmente

³ Meijers (2014) identifica que el Internet no promueve el crecimiento de las economías. Sin embargo, al observar una alta correlación entre el Internet y el comercio, realiza un análisis de ecuaciones simultáneas con el que concluye que el Internet estimula el crecimiento por medio del comercio.

en los países en los cuales la infraestructura alámbrica resulta insuficiente (Gruber y Koutroumpis, 2011; Andrianaivo y Kpodar, 2011).

Al igual que las anteriores tecnologías, existen estudios que concluyen que la telefonía móvil influye positivamente sobre el crecimiento económico. En este grupo de literatura se puede mencionar a Andrianaivo y Kpodar (2011), Vu (2011), Gruber y Koutroumpis (2011), Hayaloglu (2015), Albiman y Sulong (2016), Donou-Adonsou et al. (2016) y Chatterjee (2020). Según Gruber y Koutroumpis (2011) las telecomunicaciones móviles facilitan la prestación de distintos servicios, mejoran la capacidad de la fuerza de trabajo, agilizan los procesos de comunicación, permiten realizar colaboraciones e intercambiar información sin importar la proximidad geográfica, entre otras ventajas. Todos estos procesos promueven la inversión, incrementan la productividad e inciden sobre el crecimiento. Por su parte, Jensen (2007) evidencia que la introducción de la telefonía móvil a la industria reduce significativamente la dispersión en los precios, erradica la existencia de residuos, mejora el desempeño del mercado, genera una asignación eficiente de recursos e incrementa el bienestar tanto del productor como del consumidor.

Además, del mismo modo que el Internet, varios estudios en los que se incluyen las investigaciones de Andrianaivo y Kpodar (2011), Sassi y Goaid (2013), Albiman y Sulong (2016) y Chatterjee (2020) concuerdan en que la tecnología móvil es fundamental para impulsar el crecimiento económico por medio de la inclusión financiera. Con la introducción de la telefonía móvil disminuyen los costos de transacción, se reduce la asimetría de información, se facilitan los procesos de solicitud de crédito y captación de depósitos; igualmente, vuelve posible el acceso a la banca sin necesidad de trasladarse al lugar físico. Lo anterior, le permite al sistema financiero formal ampliar su cobertura (Andrianaivo y Kpodar, 2011; Sassi y Goaid, 2013; Albiman y Sulong, 2016; Chatterjee, 2020). De hecho, Chatterjee (2020) encuentra que la telefonía móvil es más eficiente cuando se complementa con el Internet.

Respecto a la relación entre la telefonía móvil y fija, Waverman et al. (2005) concluyen que en las economías en las que las redes de línea fija son más desarrolladas como en los países de mayor ingreso, los teléfonos fijos complementan a la telefonía móvil. Por otra parte, en países cuya infraestructura de línea fija es deficiente, ambos servicios son sustitutos. De acuerdo con Waverman et al. (2005), esta es la razón por la

cual la telefonía móvil tiene un mayor impacto en el crecimiento de los países de ingresos más bajos.

En referencia al planteamiento de Waverman et al. (2005), Chavula (2013) y Lam y Shiu (2010) prueban la relevancia de la telefonía móvil sobre el crecimiento económico de los países independientemente de su nivel de ingreso. Chavula (2013) identifica que mientras la telefonía móvil es un factor fundamental en el crecimiento de todos los países africanos que analiza, la telefonía fija solo promueve el crecimiento de las naciones de ingreso medio alto. Por su parte, Lam y Shiu (2010) demuestran que al considerar como variable proxy de las telecomunicaciones a la telefonía móvil, la causalidad entre el crecimiento y las telecomunicaciones es bidireccional en todas las economías sin importar su nivel de ingreso. De acuerdo con Lam y Shiu (2010), esto prueba la relevancia de las tecnologías móviles en el crecimiento de las economías tanto desarrolladas como en vías de desarrollo.

Con relación a la reducción que han experimentado las suscripciones a telefonía fija respecto a las suscripciones a telefonía móvil, Gruber y Koutroumpis (2011) y Hayaloglu (2015) señalan que esta condición ha provocado que la incidencia de la telefonía fija sobre el crecimiento sea significativa pero negativa. De hecho, Hayaloglu (2015) menciona explícitamente que este efecto inusual responde a lo inflexible y limitado que resulta el uso de telefonía fija.

Ahora bien, de los resultados expuestos anteriormente se observa que no en todos los contextos las TIC impulsan el crecimiento económico. Estos resultados son más comunes en la literatura que analiza grupos más específicos, especialmente en las economías menos avanzadas (Vu, 2011). Por ejemplo, Habibi y Zabardast (2020) advierten que el Internet impulsa el crecimiento económico de 24 países de la OCDE, pero no el crecimiento de 10 países del Medio Oriente. Según los autores, esto evidencia que en los países más avanzados el Internet no solo mejora la comunicación, sino que también incide en el funcionamiento de la economía en general. De igual forma, Chavula (2013) encuentra que en África solamente los países de ingreso medio alto ven beneficiado su crecimiento económico a partir del uso del Internet. Chavula (2013) expone que este efecto es producido por el bajo nivel educativo, además de los factores asociados a la lenta incorporación de África a la digitalización, como, por ejemplo, las falencias en infraestructura y las reducidas tasas de penetración.

En esta misma línea, Yoon (2020) y Solomon y Van Klyton (2020) identifican que en África la persistencia del uso de teléfonos móviles plegables frente a los teléfonos inteligentes impide que la telefonía móvil influya significativamente en el crecimiento de algunos de estos países. De igual manera, Chatterjee (2020) señala que el Internet y la telefonía móvil no promueven el crecimiento económico por medio de la intermediación financiera en los países de ingreso medio alto y medio bajo. De acuerdo con el autor, la falta de conciencia y educación afectan la incidencia de las TIC sobre el crecimiento. De hecho, las conclusiones de Chatterjee (2020), Yoon (2020) y Solomon y Van Klyton (2020) cuestionan las afirmaciones de Chavula (2013) y Lam y Shiu (2010) sobre la importancia de la telefonía móvil en el crecimiento económico de los países indistintamente de su nivel de desarrollo o ingreso.

Continuando con este enfoque de estudios que realizan un análisis más desagregado por niveles de ingreso o niveles de desarrollo, Dewan y Kraemer (2000), Pohjola (2000) y Yousefi (2011) identifican que las TIC solamente impulsan el crecimiento de las economías más avanzadas o de mayor ingreso. De este modo, tanto Dewan y Kraemer (2000) como Pohjola (2000) encuentran que las TIC únicamente influyen en el crecimiento de las economías desarrolladas. Considerando una perspectiva por nivel de ingreso, Yousefi (2011) concluye que las TIC solo inciden positivamente sobre el crecimiento de los países de ingreso alto y medio alto, pero no en el crecimiento de las naciones de ingreso medio bajo. De ahí que, Yousefi (2011) identifica que el crecimiento ralentizado que experimenta este último grupo no es provocado por el grado de inversión en TIC.

Conforme con Pohjola (2000) y Dewan y Kraemer (2000), además de los factores identificados por Chavula (2013) y Chatterjee (2020), existen otras causas que impiden que las economías menos desarrolladas o de menor ingreso se beneficien de las TIC. Entre estos factores se encuentran: la carencia de un stock de capital ordinario maduro; la escasez de inversiones complementarias relacionadas a infraestructura, automatización de modelos de negocio y capital humano; y, la ausencia de procedimientos comerciales y políticas gubernamentales adecuadas (Dewan y Kraemer, 2000 ; Pohjola, 2000).

Aun así, no siempre se evidencia la no significancia de las TIC en el crecimiento económico de las naciones de menor ingreso o menos avanzadas. Pues, Röller y

Waverman (2001) y Papaioannou y Dimelis (2007) concluyen que las TIC afectan positivamente a las economías independientemente de su nivel de desarrollo o ingreso. No obstante, se asocia un beneficio mayor a las economías más avanzadas o de mayor ingreso. Al respecto, Papaioannou y Dimelis (2007) manifiestan que esto ocurre debido a que las TIC son intensivas en capital y mano de obra calificada.

De hecho, este efecto diferencial se asocia a la manera en que se presenta cada tecnología en un país. Por ejemplo, de acuerdo con los resultados de Koutroumpis (2009), Rohman y Bohlin (2012) y Gruber et al. (2014), mientras mayor es la velocidad y penetración de la banda ancha, mayor es su incidencia sobre el crecimiento económico. Sin embargo, son los países más avanzados y de ingresos más altos los que gozan de una mayor asequibilidad a la tecnología (Czernich et al., 2011).

Hasta ahora se ha evidenciado que en las economías menos avanzadas o de menor ingreso las TIC pueden no influenciar sobre el crecimiento, y si lo hacen, su efecto es reducido. Aun así, determinadas circunstancias provocan que las TIC influyan de manera negativa sobre el crecimiento. Andrianaivo y Kpodar (2011) identifican que un efecto negativo del Internet sobre el crecimiento económico puede significar la existencia de una posible trampa de pobreza relacionada a las bajas tasas de penetración. De igual forma, Aghion y Howitt (1998) advierten que las economías menos desarrolladas pueden ver perjudicado su crecimiento por dos vías: (i) la pobreza y el desempleo ocasionados tras una adopción de innovaciones tecnológicas no exitosa que desplaza a todo aquel incapaz de adaptarse al cambio como es el caso de los empleados no calificados y, (ii) una competencia desigual en términos de comercio internacional, pues la introducción de las TIC aporta más beneficios a las economías más avanzadas.

Otra temática que discuten los estudios empíricos es la existencia de un efecto no lineal asociado al impacto de las TIC sobre el crecimiento económico. Datta y Agarwal (2004), Vu (2011) y Albiman y Sulong (2016) concluyen que el efecto de la infraestructura en TIC presenta rendimientos decrecientes sobre el crecimiento económico. Los autores exponen que a medida que se incrementa la infraestructura en TIC disminuye el impacto de esta sobre el crecimiento. Es decir, las TIC influyen de manera negativa sobre el crecimiento económico al alcanzar un determinado nivel de infraestructura. Así, serían las economías que se encuentran en fases tempranas de

desarrollo las que se benefician más de las inversiones de este tipo (Datta y Agarwal, 2004; Vu, 2011; Albiman y Sulong, 2016). En realidad, Lehr et al. (2006) plantean la existencia de rendimientos decrecientes incluso al estudiar otros indicadores de la actividad económica como el empleo, los salarios, las tarifas de alquiler y la combinación de industrias.

Para Czernich et al. (2011), este comportamiento es conocido en la literatura como un posible efecto saturación. Al respecto, Atkinson et al. (2009) indican que esto se debe a que las inversiones iniciales en infraestructura de TIC promueven la generación de empleos en industrias nuevas e innovadoras. No obstante, inversiones posteriores no son capaces de originar efectos de red comparables a los iniciales. Los autores recalcan que el mecanismo en cuestión se debe a que el único propósito de las inversiones posteriores es mantener una infraestructura de red que ya utiliza tecnología madura.

En suma, la evidencia empírica resalta la imposibilidad de establecer un único efecto de las TIC sobre el crecimiento. Se identifica que el impacto de un determinado tipo de tecnología depende de las características socioeconómicas de las naciones. Por tanto, los países deben implementar políticas que fomenten un entorno que facilite el aprovechamiento óptimo de los rendimientos de las TIC en el crecimiento. Este es un problema especialmente en las economías menos avanzadas en las cuales varios factores entorpecen el aprovechamiento de los beneficios derivados del uso de TIC en el crecimiento económico (Dewan y Kraemer ; 2000, Pohjola ; 2000, Chatterjee; 2020; Chavula; 2013).

2.2.2. Crecimiento económico y educación

La teoría del crecimiento económico ha identificado al capital humano como uno de sus principales determinantes (Mincer, 1984; Romer, 1986; Lucas, 1988; Romer, 1990; Barro y Lee, 1994; Hanushek y Woessmann, 2008; Qadri y Waheed, 2014; Hayaloglu, 2015; Levine y Renelt, 1992; Chen y Feng, 1996). En efecto, su trascendencia fue destacada desde el surgimiento de la teoría económica. Así, Adam Smith ya recalca el rol que desempeña la educación sobre la productividad de los trabajadores, tal y como el capital físico incide en la productividad de una compañía (Woodhall, 1987). Según Justman y Teubal (1991), Mankiw et al. (1992), Benhabib y Spiegel (1994), Dakhli y De Clercq (2004), Schultz (1993), Pasban y Nojehdeh (2016) y Bodman y Le

(2013) y Nelson y Phelps (1966) el capital humano beneficia a la productividad total de factores, la competitividad, la eficiencia, crea nuevo conocimiento, facilita la innovación, permite adaptarse al progreso tecnológico, entre otros factores que terminan favoreciendo al crecimiento económico.

Para Mankiw (2014), el capital humano se define como el conjunto de conocimientos, habilidades y cualificaciones obtenidas a partir de determinadas inversiones que realizan las personas a lo largo del tiempo. En esta línea, Woodhall (1987) establece que estas inversiones son gastos que aunque afectan el consumo actual del individuo benefician su ingreso futuro. Dentro de estos egresos se encuentran actividades como la educación, la capacitación, la experiencia laboral, la migración y la atención médica.

Por tanto, son varias las dimensiones que abarca el capital humano. A pesar de esto, Becker (1992) y Pegkas y Tsamadias (2014) concuerdan en que aunque la formación y la educación son las más importantes, esta última es la variable proxy de capital humano más utilizada por la literatura económica. Conforme con Hayat y Sarwar (2021), esto se debe a que la educación cumple un papel determinante en el proceso de difusión y acumulación del capital humano. A continuación, se procede a exponer resultados relevantes obtenidos por los estudios empíricos referentes a la incidencia de la educación sobre el crecimiento económico.

Tanto la teoría como una parte de la literatura resaltan que las variables relacionadas con la educación afectan de manera positiva y significativa al crecimiento económico. Así lo demuestran los estudios de Chen y Feng (1996), Amin et al. (2020), Habibi y Zabardast (2020) y Chavula (2013) al examinar el impacto de la educación primaria; Bbaale y Mutenyo (2011) y Pelinescu (2015) al estudiar el nivel secundario; Pegkas y Tsamadias (2014), Mariana (2015) y Hayaloglu (2015) con respecto a la instrucción terciaria y Solarin y Yen (2016) al analizar las actividades de investigación.

De hecho, se observa que la educación no solo incide directamente en el crecimiento, sino que también influye en otras variables que lo impulsan. De esta manera, Hayat y Sarwar (2021) concluyen que un capital humano más preparado permite constituir mejores instituciones; y por tanto, incentiva el crecimiento económico. En esta misma línea, Yang (2020) manifiesta que la mejora del capital humano provoca que el sistema de seguridad social sea más eficaz al momento de

alcanzar un desarrollo económico sostenible. Asimismo, otra conclusión relevante expuesta por Solarin y Yen (2016) y Habibi y Zabardast (2020) es que el beneficio obtenido a partir de la educación en términos de crecimiento es mayor para las economías más avanzadas.

En contraposición con la teoría económica y los estudios citados previamente, McMahon (1998), Pritchett (2001) y Pereira y Aubyn (2009) encuentran que la educación puede influenciar de manera negativa sobre el crecimiento económico. De acuerdo con Pritchett (2001), un entorno institucional deteriorado puede provocar que las habilidades atribuidas a la escolarización impulsen actividades socialmente contraproducentes como es el caso de la burocracia con exceso de personal⁴. Igualmente, este autor menciona que los rendimientos de la educación decrecen aceleradamente ante una oferta de mano de obra cualificada superior a la demanda. Por último, menciona que una educación paupérrima puede resultar inútil al momento de transferir habilidades y conocimientos. Para McMahon (1998), además de estos dos últimos puntos, toman importancia la congestión de alumnos en los institutos y la emigración. Es decir, según McMahon (1998) este efecto no esperado se debe a distintos factores que estarían afectando la incorporación exitosa de los graduados de un determinado nivel de educación al mercado laboral. Situaciones que McMahon (1998) y Pritchett (2001) señalan que son más comunes en los países menos desarrollados.

Ahora bien, existen estudios que no se limitan a evaluar un determinado nivel de educación. En esta línea, Schultz es conocido por ser el pionero en estudiar los rendimientos de la educación en sus distintos niveles (Langelett, 2002). Schultz (1963) (como se citó en Keller, 2006) expone que la educación primaria resulta útil para satisfacer la producción básica, la instrucción secundaria promueve habilidades y conocimientos que facilitan la incorporación de tecnología a la producción; mientras que, la educación terciaria es necesaria al momento de producir tecnología. Al respecto, Dellink et al. (2017) mencionan que generalmente son los países más desarrollados o de alto ingreso los que producen tecnología.

⁴ La difusión de la educación en el sector gubernamental se vuelve improductiva cuando el gobierno se convierte en empleador de último recurso producto del clientelismo político (Pritchett, 2001). Bajo estas circunstancias, el gobierno retiene mano de obra educada excedente apartándola de los sectores más productivos. Lo anterior, termina por afectar al crecimiento. En consecuencia, los esfuerzos del gobierno en reducir el desempleo por este medio resultan inútiles (Murphy et al., 1991; Gelb et al., 1991).

De ahí que, varios estudios como los de Lee y Kim (2009), Petrakis y Stamatakis (2002) y Keller (2006) concluyen que a medida que el nivel de desarrollo o ingreso de un país se incrementa es necesario un mayor nivel educativo para promover el crecimiento económico. Pues, Lee y Kim (2009) encuentran que la educación secundaria solo impulsa el crecimiento de los países de ingreso bajo; mientras que, la educación terciaria promueve el crecimiento en los países de ingreso medio alto y alto. Asimismo, Petrakis y Stamatakis (2002) evidencian que tanto la educación primaria como secundaria inciden en el crecimiento de las economías menos avanzadas; en tanto que, la educación superior cumple un papel fundamental en el crecimiento de las economías más avanzadas. Por su parte, Keller (2006) obtiene los mismos resultados que Petrakis y Stamatakis (2002) respecto a las economías menos avanzadas. Sin embargo, Keller (2006) manifiesta que el crecimiento de las economías más avanzadas depende tanto de la educación terciaria como de la educación secundaria. Por consiguiente, se observa que en general Lee y Kim (2009), Petrakis y Stamatakis (2002) y Keller (2006) obtienen que tanto la educación primaria como secundaria inciden en el crecimiento de las economías menos avanzadas o de ingresos más bajos; mientras que, el crecimiento de las economías más avanzadas o de mayor ingreso se debe en gran parte a la educación superior.

Lo anterior es consistente con el proceso de industrialización que experimentan los países. Durante las primeras etapas de desarrollo la imitación se presenta como el motor principal del incremento de la productividad. En cambio, la innovación se convierte en el determinante fundamental del crecimiento a medida que un país se aproxima a la frontera tecnológica (Acemoglu et al., 2006; Vandenbussche et al., 2006; Perez-Sebastian, 2007; Madsen et al., 2010; Agénor y Dinh, 2013; Agénor y Alpaslan, 2018; Cherif y Hasanov, 2019). En este marco, aunque una economía que se encuentra en la fase de imitación puede funcionar con un capital humano no calificado, durante la fase de innovación es necesario contar con capital humano especializado. De modo que, la educación terciaria se vuelve relevante en la etapa de innovación (Vandenbussche et al., 2006; Agénor y Dinh, 2013; Agénor y Alpaslan, 2018).

En este punto, la literatura advierte la existencia de la denominada trampa de crecimiento de los ingresos medios. Esto ocurre cuando el crecimiento próspero de una economía obtenido gracias a la imitación tiende a desacelerarse a causa de la ausencia de actividades relacionadas a la innovación. Dado que es una situación que se vuelve

persistente, impide que una economía escape de esta condición (Agénor, 2016). Por tanto, la denominada trampa de crecimiento de los ingresos medios es un equilibrio no deseable que tiende a perpetuarse y se caracteriza por una reducción importante de la productividad total de los factores y el crecimiento. Esto impide que los países sean capaces de mantener niveles altos de crecimiento económico (Agénor y Dinh, 2013; Agénor, 2016). Las causas asociadas a la trampa de crecimiento de los ingresos medios se vinculan a factores que frenan la expansión de la innovación, siendo uno de los más importantes la disposición de un capital humano de baja calidad (Agénor, 2016).

Tomando en cuenta el razonamiento previo, la relación entre la educación y la tecnología es una temática de interés para las investigaciones empíricas. De acuerdo con Nelson y Phelps (1966), Benhabib y Spiegel (1994) y Herrendorf et al. (2014) la educación genera habilidades y conocimientos capaces de promover un cambio estructural en las economías menos avanzadas. A pesar de ello, Chatterjee (2020) concluye que en estos países los bajos niveles de educación afectan la incidencia de las TIC sobre el crecimiento. Pues, sus resultados muestran que las TIC promueven el crecimiento económico solamente si son utilizadas con fines productivos. Aun así, Chatterjee (2020) expresa que esto solo es posible con un mejor logro educativo, algo que carecen gran parte de las economías menos avanzadas. De igual manera, Chavula (2013) concluyó que el Internet no impulsa el crecimiento de algunos países africanos a causa de la deficiencia de la educación en la región.

En ese marco, Teixeira y Queirós (2016) exponen la urgencia de las economías en desarrollo de invertir en educación y en áreas intensivas en tecnología. Según los autores, esto tiene el fin de crear capital humano acorde a la demanda de mercado. Pues, Pritchett (2001), Teixeira y Queirós (2016) y Kiersztyn (2013) evidencian que las economías menos avanzadas y en desarrollo se ven limitadas debido a la incapacidad de integrar al personal altamente calificado en el sistema productivo. Los autores expresan que esto ocasiona retornos económicos deficientes afectando al crecimiento. En realidad, una de las conclusiones de Lee y Kim (2009) es que el ignorar la importancia de la inversión en educación superior es uno de los factores que impide que muchas economías de ingreso medio se conviertan en naciones de alto ingreso. Este argumento se encuentra acorde con los resultados de Mehmood y Azim (2013) quienes manifiestan que el capital humano altamente educado en TIC es económicamente más productivo.

Por consiguiente, se percibe que es cuestionable la existencia de una relación positiva y significativa entre la educación y el crecimiento. Si bien este es el efecto esperado por la teoría económica, a lo largo de este apartado se evidencia que la manera en que la educación incide sobre el crecimiento depende del contexto y las características que presentan los países analizados. Por tanto, es importante establecer políticas diferenciadas que respondan a las necesidades de cada economía. Esto les permitirá a los países aprovechar al máximo los beneficios atribuidos a la educación, especialmente en las economías menos avanzadas (Lee y Kim, 2009; Teixeira y Queirós, 2016; Agénor, 2016; Chatterjee, 2020). Asimismo, los estudios empíricos resaltan la complementariedad entre la educación y la tecnología en el proceso de crecimiento económico (Nelson y Phelps, 1966; Benhabib y Spiegel, 1994; Herrendorf et al., 2014; Vandenbussche et al., 2006; Agénor y Dinh, 2013; Chavula, 2013; Mehmood y Azim, 2013; Teixeira y Queirós, 2016 ; Agénor, 2016; Agénor y Alpaslan, 2018; Chatterjee, 2020).

2.2.3. Crecimiento económico y otros determinantes

Además de la digitalización y la educación existen otros factores que son identificados por la literatura como determinantes del crecimiento económico. Por este motivo, también se considera a la formación bruta de capital, el comercio y la inflación.

La inversión es uno de los determinantes trascendentales del crecimiento económico (Solow, 1956; Romer, 1986; Onyinye et al., 2017; Topcu et al., 2020; Habibi y Zabardast, 2020). De acuerdo con Banday et al. (2021), la formación bruta de capital puede ser utilizada para estudiar el impacto de la inversión sobre el crecimiento. Pues, un aumento del stock de capital promueve la inversión; y por tanto, el crecimiento (Romer, 1986; Topcu et al., 2020; Banday et al., 2021). Fetahi-vehapi et al. (2015) argumentan que esto se debe a que la acumulación de capital permite que las empresas almacenen know-how. Lo anterior, provoca que las inversiones produzcan rendimientos crecientes que impulsan el crecimiento. Por su parte, Onyinye et al. (2017) señalan que la formación de capital produce eficiencia productiva que incide en los niveles de producción futura. De ahí que, autores como Bbaale y Mutenyo (2011), Nayan et al. (2013), Meijers (2014), Fetahi-vehapi et al. (2015), Donou-Adonsou et al. (2016), Yang (2020) y Banday et al. (2021) al analizar a la formación bruta de capital, evidencien un efecto positivo y significativo de esta variable en el crecimiento económico.

En contraposición con los estudios mencionados en el párrafo anterior, Brainard y Tobin (1968) ya advirtieron que las inversiones se generan solamente cuando el costo de producir capital es inferior a su valor en el mercado. Por su parte, Onyinye et al. (2017) recalcan que la manera en que la formación de capital impacta sobre el crecimiento responde a la intensidad y los cambios que experimentan sus determinantes⁵. Asimismo, estos autores alertan que un capital insuficiente puede volverse una traba para el crecimiento económico. En esta misma línea, Uneze (2013) concluye que los bajos niveles de formación bruta de capital pueden ocasionar un lento crecimiento. Algo que resulta común en los países menos adelantados en los cuales la tasa de formación de capital generalmente es reducida (Jhingan, 2011).

Tomando en cuenta los razonamientos planteados por la literatura anterior, es posible evidenciar distintos efectos de la formación bruta de capital sobre el crecimiento económico. Por ejemplo, Yasmeen et al. (2021), Habibi y Zabardast (2020) y Onyinye et al. (2017) obtienen que la formación bruta de capital resulta insignificante al promover el crecimiento económico. Efecto que se presentaría especialmente en economías menos avanzadas o en desarrollo. Pues, Yasmeen et al. (2021) analizan a Pakistán, Onyinye et al. (2017) a Nigeria y Habibi y Zabardast (2020) a un conjunto de países del Medio Oriente. Aunque, Habibi y Zabardast (2020) también evidencian este efecto al evaluar el crecimiento de un grupo de economías de la OCDE. Países que, de acuerdo con los autores, presentan un mayor nivel de desarrollo que las naciones de Medio Oriente. Según Onyinye et al. (2017), la presencia de este inusual efecto se debe a algunos factores en los que se incluyen: la ineficiencia que puede existir al momento de recopilar datos sobre la inversión privada, la adulteración de registros para evitar el pago de impuestos y la exageración de los valores correspondientes a inversiones de capital. Por último, Adhikary (2015) concluye que la formación de capital puede impactar negativamente a la tasa de crecimiento del PIB. Adhikary (2015) atribuye este resultado a la disposición de un nivel de capital social incapaz de originar rendimientos económicos relevantes, una estabilidad financiera frágil y una permanente balanza comercial negativa.

Otra variable de relevancia para el crecimiento económico es el comercio (Levine y Renelt, 1992; Kim y Lin, 2009; Kim, 2011; Sassi y Goaid, 2013; Meijers,

⁵ Onyinye et al. (2017) señalan que la formación de capital es influenciada por la inversión extranjera directa, la tasa de interés, el ahorro, el producto interno bruto, el tipo de cambio, la oferta monetaria, la tasa de interés y el incremento de la población.

2014; Were, 2015; Donou-Adonsou et al., 2016; Alam y Sumon, 2020; Habibi y Zabardast, 2020; Banday et al., 2021). Para Levine y Renelt (1992), el comercio y la inversión se constituyen como los principales pilares del crecimiento económico. Pues, la apertura comercial direcciona los insumos de capital, la inversión extranjera directa, además de la afluencia de bienes y servicios beneficiando al crecimiento económico (Alam y Sumon, 2020). Dado lo anterior, varios estudios encuentran que el comercio incide significativamente de manera positiva sobre el crecimiento como es el caso de Sassi y Goaiad (2013), Meijers (2014), Donou-Adonsou et al. (2016) y Banday et al. (2021).

Sin embargo, es la misma literatura la que cuestiona la existencia de este único resultado. A pesar de que Meijers (2014) identificó un efecto positivo y significativo del comercio sobre el crecimiento económico, recalca que esto no siempre ocurre. Conforme con Meijers (2014), los resultados dependen de las características de la muestra analizada. De hecho, el fenómeno de la globalización ha promovido un contexto mundial caracterizado por la integración y expansión comercial. Esto ha provocado que la influencia del comercio en el crecimiento económico varíe dependiendo de la coyuntura de los países (Were, 2015).

En relación con el planteamiento previo, Kim y Lin (2009) y Kim (2011) evidencian que la incidencia de la apertura comercial sobre el crecimiento difiere dependiendo del nivel de ingreso del país que se estudie. Según los autores existe un umbral de ingreso per cápita a partir del cual una economía se beneficia positivamente del comercio. Así, Kim y Lin (2009) y Kim (2011) concluyen que una mayor apertura comercial en los países de ingresos bajos disminuye el incremento de la productividad y la inversión. De la misma manera, Habibi y Zabardast (2020) concluyen que el comercio promueve el crecimiento de los países de la OCDE. Lo contrario ocurre con los países de Medio Oriente, los cuales al ser menos desarrollados presentan un efecto negativo y significativo del comercio sobre el crecimiento económico. Por su parte, Were (2015) encuentra que el comercio promueve el crecimiento de los países desarrollados y en desarrollo, pero no el de las naciones menos adelantadas.

A partir de los resultados expuestos, Kim y Lin (2009), Kim (2011) y Were (2015) coinciden en que estas conclusiones se derivan del rol que los países cumplen en la dinámica del comercio internacional. En general, los autores recalcan que mientras más desarrollada sea una nación, esta obtiene mayores beneficios a partir de la apertura comercial. Esto ocurre debido a que, en dichas condiciones, una economía tiene una

mayor capacidad de beneficiarse de la tecnología. Adicionalmente, las economías menos avanzadas suelen estar asociadas a un sistema financiero inmaduro, una calidad institucional deteriorada y políticas ineficientes (Kim, 2011). En consecuencia, el comercio promueve un crecimiento heterogéneo que acentúa la desigualdad de ingresos entre las economías (Kim y Lin , 2009; Kim , 2011).

Para finalizar, otro factor de importancia en el crecimiento económico es la inflación (Tobin, 1965; Sidrauski, 1967; Stockman, 1981; Kormendi y Meguire, 1985; Barro, 1991; De Gregorio, 1992; Bullard y Keating, 1995; Habibi y Zabardast, 2020). Al igual que los anteriores determinantes, el efecto que la inflación ejerce sobre el crecimiento económico ha sido un tema de debate en la literatura.

Por su parte, Tobin (1965) propone que la relación es positiva y plantea que un aumento en la inflación incrementa el costo de oportunidad de tener dinero en efectivo. A su vez, esto provoca un cambio en el portafolio hacia el capital físico lo que acrecienta la acumulación de capital y el ingreso per cápita. Por otro lado, para Stockman (1981) la relación es negativa. Stockman (1981) argumenta que un aumento de la inflación ocasiona la pérdida de poder adquisitivo del dinero. Lo anterior, perjudica el consumo de bienes en efectivo y capital; y, por consiguiente, la producción. Finalmente, Sidrauski (1967) encuentra que el incremento del dinero no incide en la acumulación de capital de estado estacionario. Es decir, bajo el razonamiento de Sidrauski (1967), la inflación no afecta al crecimiento.

A pesar de que existen estos posibles efectos, estudios empíricos como Kormendi y Meguire (1985), Barro (1991), De Gregorio (1992) y Bullard y Keating (1995) establecen que la relación negativa es la que más se ajusta a la realidad. Además, otros estudios como Sassi y Goaid (2013), Meijers (2014), Donou-Adonsou et al. (2016), Amin et al. (2020) y Mouna et al. (2020) sustentan este resultado.

Para concluir, se evidencia que es difícil establecer un único efecto de estas variables sobre el crecimiento. Por tanto, respecto a la formación bruta de capital y el comercio, en el presente estudio se abre la posibilidad a que estas variables presenten un efecto negativo, positivo e incluso insignificante sobre el crecimiento. En tanto a la inflación, siguiendo el argumento de Kormendi y Meguire (1985), Barro (1991), De Gregorio (1992) y Bullard y Keating (1995) se espera que el impacto de esta variable sobre el crecimiento sea negativo.

En concreto, este apartado tuvo como fin exponer puntos relevantes sobre la teoría del crecimiento económico, además de dar a conocer los resultados de estudios

empíricos que se han realizado basándose en dicha teoría. De este análisis se pudo evidenciar que es imposible establecer un único efecto de la educación y las TIC sobre el crecimiento económico. Pues, a pesar de que la teoría plantea que estos inciden positiva y significativamente en el crecimiento, el contexto específico de los países puede dar lugar a distintos resultados. Esto es más evidente en las economías menos avanzadas o de menor ingreso. Por ende, considerando que uno de los objetivos de la investigación económica es implementar políticas efectivas, es necesario realizar un análisis diferenciando de alguna manera el nivel de desarrollo. Es en este punto que se recalca la relevancia del estudio que se propone, en el cual el nivel de desarrollo es abordado por medio del nivel de ingreso.

CAPÍTULO 3

DATOS Y METODOLOGÍA

El objetivo general de la presente investigación es evaluar el impacto de las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) y la educación en el crecimiento económico de países que presentan distintos niveles de ingreso. Por tanto, este capítulo brinda información sobre los siguientes puntos: (i) describe los datos que serán analizados, (ii) expone la especificación de los modelos que se estiman y, (iii) presenta la elección metodológica más adecuada que permite dar respuesta al objetivo en mención tomando en cuenta el conjunto de información disponible.

3.1. Datos

Los datos utilizados en el presente estudio fueron obtenidos de la base de datos del Banco Mundial. El Banco Mundial es una institución reconocida internacionalmente por su labor en cuanto a promoción de conocimiento y recursos de financiamiento (Banco Mundial, 2021). Específicamente, se utilizó la información disponible en los Indicadores de Desarrollo Mundial (IDM), los cuales contienen 1400 series temporales comparables internacionalmente de 217 economías. Las temáticas que abordan estos indicadores hacen referencia a temas relacionados al desarrollo (World Bank, 2017).

La población que se analizó consta de 63 datos de corte transversal y comprende el periodo 2010-2017. Es decir, se considera una estructura de datos de panel. Con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación, esta población se dividió en dos grupos: países de alto ingreso (32 naciones) y países de bajo y mediano ingreso (7 países de bajo ingreso, 10 de ingreso medio bajo, 14 de ingreso medio alto) (véase **Anexo A**). Asimismo, es pertinente informar que la clasificación que se tomó como referencia fue la clasificación establecida por el Banco Mundial (BM) en 2018. En cuanto a cómo se determina esta clasificación, el BM considera el Ingreso Nacional Bruto (INB) per cápita del año anterior (en este caso del 2017) obtenido mediante el método del Atlas⁶ y los clasifica dependiendo de umbrales⁷ ajustados por la inflación anual correspondiente

⁶ Este método reduce la incidencia de las variaciones del tipo de cambio en el cotejo de ingresos nacionales entre países. Para ello, aplica un factor de conversión que resulta del promedio del tipo de cambio actual y los dos años anteriores. Asimismo, este factor de conversión es ajustado por la inflación del país y la inflación internacional (World Bank, 2022c).

⁷ Los umbrales se establecen anualmente y son ajustados por el deflactor de los Derechos Especiales de Giro (DEG) del FMI. El deflactor DEG es un promedio ponderado de los deflatores del PIB de Japón, Reino Unido, Estados Unidos, China y la zona Euro (World Bank, 2022a).

(Banco Mundial, 2018b). Por último, se debe señalar que se dispone de este conjunto de datos debido a que se procuró analizar la mayor cantidad de información posible.

3.2. Descripción de las variables

A continuación, se define las variables que se incluyen en la modelización econométrica. Así, dado que las variables fueron obtenidas de la base de datos del BM, se informa las definiciones que constan en el glosario de metadatos de su página oficial⁸. Adicionalmente, se incluye la **Tabla 3.2.1** en la que se describen los efectos esperados de la estimación econométrica con base en el análisis de la literatura detallado en el **Capítulo 2**. Es importante mencionar que la presente investigación se basó en el estudio de Habibi y Zabardast (2020). Por consiguiente, las variables incluidas en esta investigación siguen la línea de los autores con excepción de la tasa bruta de matriculación a nivel secundario y terciario, que se incluyeron para comprender el impacto de cada uno de los niveles de educación en la variable de interés. No obstante, las variables usadas por Habibi y Zabardast (2020) resultan ser de uso frecuente en los estudios que analizan el impacto de la educación y las TIC en el crecimiento económico. De hecho, estos estudios también serán mencionados en este apartado.

3.2.1. Variable dependiente

Crecimiento del PIB per cápita (% anual) (CREC)

La variable dependiente es la tasa de crecimiento anual del PIB per cápita. Entre los estudios que consideran esta variable se encuentran: Bbaale y Mutenyo (2011), Sassi y Goaid (2013), Habibi y Zabardast (2020), Yang (2020), Donou-Adonsou et al. (2016) y Chatterjee (2020).

El crecimiento del PIB per cápita (% anual) se obtiene al dividir el Producto Interno Bruto (PIB) sobre el número de habitantes existente en una economía a mitad del año de interés. El PIB resulta de la sumatoria del valor agregado bruto generado por los productores más los impuestos que gravan los bienes y servicios, y descontando los subsidios que no constan en el valor de dichos productos (World Bank, 2022b).

⁸ Enlace a la página oficial del BM: <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/all/series>

3.2.2. Variables independientes

3.2.2.1. Variables relacionadas con la educación

Como ya se ha señalado, la influencia de la educación en el crecimiento económico ha sido una temática de interés para los economistas. Así, en su intento de medir esta incidencia se han utilizado distintas variables proxy siendo una de estas variables la tasa de matriculación bruta total. Por tanto, siguiendo a Levine y Renelt (1992), Chen y Feng (1996), McMahon (1998), Lee y Kim (2009), Bbaale y Mutenyo (2011), Chavula (2013), Mehmood y Azim (2013), Meijers(2014), Hayaloglu (2015), Amin et al. (2020), Habibi y Zabardast (2020), Chatterjee (2020) y Yang (2020) se incluye en el modelo la tasa de matriculación bruta total referente tanto al nivel primario, secundario y terciario. Se consideran estas tres variables con el fin de conocer la incidencia de cada nivel de educación en el crecimiento económico de los grupos de países de interés.

Tasa bruta de matrícula en educación primaria, ambos sexos (%) (PRIM)

La tasa bruta de matrícula en educación primaria total mide la participación de la cantidad de estudiantes matriculados en el nivel primario respecto al número de personas con la edad que se considera adecuada para acceder a este nivel de educación (World Bank, 2022b).

Tasa bruta de matrícula en educación secundaria, ambos sexos (%) (SEC)

Al igual que la variable anterior, este indicador resulta del ratio del número total de estudiantes inscritos en el nivel de educación en cuestión con respecto al número de personas que cuentan con la edad propicia para matricularse al mismo (World Bank, 2022b).

Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%) (TER)

Esta variable expresa como porcentaje al número de estudiantes inscritos en este nivel de educación frente al total de personas que cuentan con la edad conveniente para estudiar la educación terciaria (World Bank, 2022b). La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2013) menciona que el nivel terciario incluye tanto a la educación técnica superior como al grado en educación terciaria o niveles equivalentes.

3.2.2.2. Variables relacionadas con las TIC

Tomando en cuenta que otro punto central del estudio es determinar el impacto que tiene la infraestructura de las TIC en el crecimiento económico, se procede a incluir en el modelo variables comúnmente utilizadas con este propósito. Por mencionar algunos estudios, autores como Lam y Shiu (2010), Sassi y Goaid (2013), Chavula (2013), Donou-Adonsou et al. (2016) y Chatterjee (2020) introducen las variables suscripciones de telefonía celular móvil (por cada 100 personas) e individuos que usan Internet (% de la población). Por su parte, Hayaloglu (2015), Habibi y Zabardast (2020) y Castaldo et al. (2017) además de incluir las variables anteriores, consideran a las suscripciones de banda ancha fija (por cada 100 personas).

Suscripciones de telefonía celular móvil (por cada 100 personas) (CEL)

Esta variable considera como suscripción de este tipo a todo aquel servicio público de telefonía móvil que le permita al usuario acceder a la denominada Red Telefónica Pública Conmutada. El usuario puede estar suscrito tanto a una cuenta pospago como a una cuenta prepago activa (World Bank, 2022b).

Individuos que usan Internet (% de la población) (INT)

Esta estadística considera como individuos que usan Internet a toda población que durante los últimos tres meses ha utilizado el servicio. Se toma en cuenta a los usuarios independientemente de la ubicación y el tipo de dispositivo desde el cual acceden a Internet. La variable se expresa como porcentaje de la población (World Bank, 2022b).

Suscripciones de banda ancha fija (por cada 100 personas) (BAND)

Las suscripciones de banda ancha fija toman en cuenta a todas aquellas suscripciones fijas de acceso de alta velocidad a la Internet pública o a velocidades con mínimo 256 kbit/s que incluyan cualquier tipo de tecnología inalámbrica fija. Se considera a las suscripciones que cumplan estas características sin importar el método de pago ni el hecho de que el acceso sea residencial u organizacional (World Bank, 2022b).

3.2.2.3. Variables de control

Si bien el análisis de las variables que se van a describir a continuación no son variables de interés directo de esta investigación, la literatura revisada indica que deben ser incluidas en el modelo dada su relevancia en la teoría económica referente al crecimiento económico.

Formación bruta de capital (% del PIB) (INV)

Autores como Levine y Renelt (1992), Bbaale y Mutenyo (2011), Nayan et al. (2013), Meijers (2014), Donou-Adonsou et al. (2016), Yang (2020), Habibi y Zabardast (2020) y Banday et al. (2021) señalan a la formación bruta de capital como una variable proxy válida de la inversión.

La formación bruta de capital considera tanto a los pagos por agregaciones a los activos fijos de una nación como a las variaciones netas observadas en los inventarios. Dichos cambios en los inventarios generalmente son causados por fluctuaciones imprevistas que afectan a la producción. El indicador compara la formación bruta de capital con respecto al PIB (World Bank, 2022b).

Comercio (% del PIB) (COM)

Dada la importancia del comercio en la literatura referente a crecimiento económico, es fundamental incorporar al comercio como variable de control. Así, la variable en cuestión es analizada por estudios como Levine y Renelt (1992), Chen y Feng (1996), Meijers (2014), Donou-Adonsou et al. (2016), Sassi y Goaid (2013), Habibi y Zabardast (2020) y Banday et al. (2021).

Por consiguiente, se incluye en el modelo el indicador Comercio (% del PIB). Este indicador expresa la participación de la suma de exportaciones e importaciones de bienes y servicios en el Producto Interno Bruto (PIB) (World Bank, 2022b).

Inflación, precios al consumidor (% anual) (INF)

Para finalizar, tal y como lo expresan los estudios de Sassi y Goaid (2013), Meijers (2014), Donou-Adonsou et al. (2016), Amin et al. (2020), Mouna et al. (2020) y Habibi y Zabardast (2020) como la literatura en general, otra variable trascendental en el crecimiento económico es la inflación.

La variable inflación, precios al consumidor (% anual) muestra la variación porcentual anual que presenta el costo al que el consumidor promedio debe incurrir para obtener una determinada canasta de bienes y servicios (World Bank, 2022b).

Tabla 3.2.1. Síntesis de las variables incluidas y efectos esperados

Variable	Definición	Signo	Fuente	Recurso
Variable dependiente				
CREC	Crecimiento del PIB per cápita (% anual)	No evidencia	Bbaale y Mutenyo (2011) Sassi y Goaied (2013) Donou-Adonsou et al. (2016) Habibi y Zabardast (2020) Chatterjee (2020) Yang (2020)	Indicadores del Desarrollo Mundial
Variables independientes				
Variables relacionadas a la educación				
PRIM	Tasa bruta de matrícula en educación primaria, ambos sexos (%)	Positivo/Negativo/ Insignificante (depende del contexto)	Chen y Feng (1996) Chavula (2013) Amin et al. (2020) Habibi y Zabardast (2020) McMahon (1998)	Indicadores del Desarrollo Mundial
SEC	Tasa bruta de matrícula en educación secundaria, ambos sexos (%)	Positivo/Negativo/ Insignificante (depende del contexto)	Levine y Renelt (1992) Bbaale y Mutenyo (2011) Meijers (2014) Chatterjee (2020) McMahon (1998) Lee y Kim (2009)	Indicadores del Desarrollo Mundial
TER	Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%)	Positivo/Negativo/ Insignificante (depende del contexto)	Mehmood y Azim (2013) Hayaloglu (2015) Yang (2020) McMahon (1998) Lee y Kim (2009)	Indicadores del Desarrollo Mundial
Variables relacionadas a las TIC				
CEL	Suscripciones de telefonía celular móvil (por cada 100 personas)	Positivo/Negativo/ Insignificante (depende del contexto)	Lam y Shiu (2010) Sassi y Goaied (2013) Chavula (2013) Hayaloglu (2015) Donou-Adonsou et al. (2016) Habibi y Zabardast (2020)	Indicadores del Desarrollo Mundial
INT	Individuos que usan Internet (% de la población)	Positivo/Negativo/ Insignificante (depende del contexto)	Sassi y Goaied (2013) Hayaloglu (2015) Donou-Adonsou et al. (2016) Habibi y Zabardast (2020) Chatterjee (2020)	Indicadores del Desarrollo Mundial
BAND	Suscripciones de banda ancha fija (por cada 100 personas)	Positivo/Negativo/ Insignificante (depende del contexto)	Hayaloglu (2015) Castaldo et al. (2017) Habibi y Zabardast (2020)	Indicadores del Desarrollo Mundial

Tabla 3.2.1. Síntesis de las variables incluidas y efectos esperados (continuación)

Variable	Definición	Signo	Fuente	Recurso
Variables independientes				
Variables de control				
INV	Formación bruta de capital (% del PIB)	Positivo/Negativo/ Insignificante (depende del contexto)	Levine y Renelt (1992)	Indicadores del Desarrollo Mundial
			Bbaale y Mutenyo (2011)	
			Nayan et al. (2013)	
			Meijers (2014)	
			Donou-Adonsou et al. (2016)	
			Yang (2020)	
			Habibi y Zabardast (2020)	
			Banday et al. (2021)	
COM	Comercio (% del PIB)	Positivo/Negativo/ Insignificante (depende del contexto)	Levine y Renelt (1992)	Indicadores del Desarrollo Mundial
			Sassi y Goaid (2013)	
			Meijers (2014)	
			Donou-Adonsou et al. (2016)	
			Habibi y Zabardast (2020)	
			Banday et al. (2021)	
			Sassi y Goaid (2013)	
INF	Inflación, precios al consumidor (% anual)	Negativa	Meijers (2014)	Indicadores del Desarrollo Mundial
			Donou-Adonsou et al. (2016)	
			Amin et al. (2020)	
			Mouna et al. (2020)	
			Habibi y Zabardast (2020)	

Elaboración: Autora

3.3. Metodología

La literatura existente utiliza datos de panel con el fin de analizar el impacto de la educación y la digitalización sobre el crecimiento económico. Por ejemplo, Farhadi et al. (2012) optan por estudiar datos de panel al evaluar la incidencia del uso de las TIC sobre el crecimiento económico. Lo propio realiza Ogundari y Awokuse (2018) en su propósito de investigar la contribución del capital humano.

Los datos de panel o datos agrupados analizan una determinada unidad de corte transversal a lo largo de distintos periodos de tiempo. Es decir, los datos de panel toman en cuenta tanto la dimensión temporal como la espacial (Gujarati y Porter, 2010). Asimismo, al manejo de este tipo de datos se le atribuye ventajas como: posibilita considerar explícitamente la heterogeneidad entre individuos; permite disponer de una muestra más grande, mayor variabilidad, menos colinealidad, mayor

eficiencia y más grados de libertad; resulta mejor al estudiar la dinámica de ajuste; facilita identificar y medir satisfactoriamente ciertos efectos difíciles de analizar al utilizar otro tipo de datos; facilita estudiar modelos de comportamiento más complejos y reduce el máximo sesgo posible al incluir datos de corte transversal en conjuntos numerosos (Baltagi, 2005).

En este punto, otro factor a considerar es que en el presente estudio se estimaron modelos correspondientes a paneles cortos y balanceados. Un panel corto es aquel en el que el número de observaciones de corte transversal sobrepasa al número de series temporales disponibles. En tanto que, un panel es balanceado cuando a todos los individuos que componen el panel les corresponde el mismo número de observaciones de series temporales (Gujarati y Porter, 2010). Si bien inicialmente el panel que se consideró no era balanceado, a través de una técnica de imputación se logró obtener un panel balanceado (**véase Anexo B**).

Para responder la pregunta central de estudio, la literatura sugiere usar técnicas de estimación tanto tradicionales como avanzadas. Las técnicas de estimación tradicionales incluyen el modelo de regresión con MCO agrupado o de coeficientes constantes, el modelo de efectos aleatorios y el modelo de efectos fijos. Por otro lado, ante la presencia de endogeneidad en las variables independientes, se recurre al uso de variables instrumentales. Respecto a las variables instrumentales, los estimadores como los obtenidos por el método generalizado de momentos, mínimos cuadrados en dos etapas y máxima verosimilitud son preferidos (Cameron y Trivedi, 2009). Finalmente, algo más sofisticado es la estimación de paneles dinámicos. Así, para estimar paneles dinámicos se destacan los estimadores del método generalizado de momentos en diferencias de Arellano y Bond (1991) y el método generalizado de momentos en sistemas⁹ desarrollado por Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998).

Si bien en el párrafo anterior se mencionaron varias metodologías, en este estudio se presentarán el modelo de efectos fijos y el modelo obtenido con el método generalizado de momentos (MGM). De los modelos en cuestión, el segundo es preferido. Pues, se identifica la presencia de endogeneidad en las variables de interés.

⁹ Roodman (2009) indica que el método generalizado de momentos en sistemas resulta mejor ante series persistentes.

Asimismo, es pertinente informar que no se estimó modelos dinámicos debido a que se dispone de una cantidad limitada de datos; y, por tanto, esto dificultó su estimación.

3.3.1. Especificación de los modelos

Con la finalidad de capturar los efectos diferenciados por países de ingresos distintos, el trabajo estima modelos para países de alto ingreso y países de medio y bajo ingreso. A continuación, se presentan los modelos estimados. Los modelos estimados incluyen las mismas variables, pero sus formas funcionales difieren. Así:

Modelo de alto ingreso

$$\begin{aligned} CREC_{it} = & Y_{0i} + Y_1 PRIM_{i,t} + Y_2 SEC_{i,t} + Y_3 TER_{i,t} + Y_4 CEL_{i,t} + Y_5 (CEL_{i,t})^2 \\ & + Y_6 INT_{i,t} + Y_7 BAND_{i,t} + Y_8 INV_{i,t} + Y_9 COM_{i,t} + Y_{10} INF_{i,t} \\ & + \eta_{i,t} \end{aligned}$$

$$i = 1 \dots, 32;$$

$$t = 2010 \dots, 2017$$

Modelo medio y bajo ingreso

$$\begin{aligned} CREC_{it} = & Y_{0i} + Y_1 PRIM_{i,t} + Y_2 SEC_{i,t} + Y_3 TER_{i,t} + Y_4 CEL_{i,t} + Y_5 INT_{i,t} \\ & + Y_6 BAND_{i,t} + Y_7 INV_{i,t} + Y_8 COM_{i,t} + Y_9 INF_{i,t} + \eta_{i,t} \end{aligned}$$

$$i = 1 \dots, 31$$

$$t = 2010 \dots, 2017$$

Para ambos modelos las variables son:

$CREC_{it}$: Crecimiento del PIB per cápita (% anual) del país i en el tiempo t .

$PRIM_{i,t}$: Tasa bruta de matrícula en educación primaria, ambos sexos (%) del país i en el tiempo t .

$SEC_{i,t}$: Tasa bruta de matrícula en educación secundaria, ambos sexos (%) del país i en el tiempo t .

$TER_{i,t}$: Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%) del país i en el tiempo t .

$CEL_{i,t}$: Suscripciones a celulares móviles (por cada 100 personas) del país i en el tiempo t .

$(CEL_{i,t})^2$: Cuadrado de la variable Suscripciones a celulares móviles (por cada 100 personas) del país i en el tiempo t .

$INT_{i,t}$: Personas que utilizan Internet (% de la población) del país i en el tiempo t .

$BAND_{i,t}$: Suscripciones de banda ancha fija (por cada 100 personas) del país i en el tiempo t .

$INV_{i,t}$: Formación bruta de capital (% del PIB) del país i en el tiempo t .

$COM_{i,t}$: Comercio (% del PIB) del país i en el tiempo t .

$INF_{i,t}$: Inflación, precios al consumidor (% anual) i en el tiempo t .

Los modelos presentados fueron estimados y pasaron por varias pruebas de validación (**véase desde el Anexo E hasta el Anexo O**) que permitieron obtener la mejor especificación posible considerando los datos disponibles. De la misma manera, se informa que para realizar la estimación se utilizó el programa Stata 16. Por otro lado, el proceso de la imputación se efectuó con la ayuda de RStudio.

3.3.2. Proceso de imputación

Los errores de medida, muestreo insuficiente o fallas en la obtención de datos hacen que la existencia de datos faltantes sea un problema frecuente en el campo de la investigación. Así, es en este contexto que las técnicas de imputación toman relevancia (Junninen et al., 2004).

Según Canale y Chapra (2010) el método de interpolación lineal corresponde a la forma más simple de interpolación y consiste en conectar dos puntos de datos con una línea recta. Los autores señalan que la aproximación mejora mientras más cercanos se encuentran los puntos conocidos. No obstante, Twisk y de Vente (2002) recalcan que en el caso específico de referirse a este como un método de imputación longitudinal univariado, el mismo se reduce a imputar un valor faltante en t con el promedio de los valores de $t + 1$ y $t - 1$. Esto se realiza bajo la suposición de un comportamiento lineal en el tiempo de las variables con datos perdidos (**véase Anexo B**).

Aun así, el proceso de imputación de datos debe realizarse de manera cuidadosa. Al respecto, Medina y Galván (2007) advierten que aplicar métodos inadecuados puede afectar a la inferencia, empobrecer el poder explicativo de los métodos estadísticos e incluso anular las conclusiones obtenidas en una investigación. Es por esto que al

imputar debe tomarse en cuenta aspectos como el objetivo de la estimación, las características de las variables, el número de datos perdidos y los patrones de omisión (Gómez García et al., 2006).

En esta línea, Medina y Galván (2007) advierten que antes de incurrir a algún método de imputación es indispensable comprobar que la ausencia de datos siga un patrón MAR¹⁰ o MCAR¹¹. Sin embargo, Li (2013) advierte que es imposible probar la existencia de una situación MAR. Lo anterior, debido a que para hacerlo se requiere de información no disponible sobre los datos faltantes. Por otro lado, demostrar la existencia de una situación MCAR es viable utilizando datos observados. Asimismo, Gómez García et al. (2006) concluyen que los resultados mejoran frente a una situación MCAR. Según los autores, de no verificarse esta hipótesis, la ausencia de información puede causar estimaciones sesgadas e imprecisas. En consecuencia, se aplicó la prueba de Little (1988)¹² a los conjuntos de datos que se analizaron. De manera que, se encontró que al 5% de significancia no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula en ambos conjuntos de datos; y, por tanto, la información faltante es MCAR (**véase Anexo C**).

Ahora bien, se decidió imputar con el fin de no perder data. Se priorizó tener la máxima cantidad posible de unidades de corte transversal. Pues, según Cameron y Trivedi (2009), en un panel corto el análisis asintótico se basa en $N \rightarrow \infty$. Igualmente, el porcentaje de datos perdidos no sobrepasó el 5% (**véase Anexo D**). De acuerdo con Schafer (1999), si la proporción de valores perdidos es menor al 5%, las inferencias obtenidas a partir de la imputación simple pueden ser bastante precisas. Lo que resulta adecuado para este estudio, dado que la interpolación lineal es un método de imputación simple.

¹⁰ Una situación MAR (Missing at Random) ocurre cuando la ausencia de información no responde a los datos no observados, pero si se relaciona con los datos observados (Li, 2013).

¹¹ Un contexto MCAR (Missing Completely at Random), se refiere al hecho de que los datos faltantes se muestren en un patrón completamente aleatorio. Es decir, la probabilidad de que se presente un dato faltante no depende ni de los datos observados ni de los no observados (Medina y Galván, 2007).

¹² Este test determina si los datos faltantes se presentan completamente al azar. Por tanto, la hipótesis nula plantea que los datos faltantes son MCAR (Li, 2013).

3.3.3. Estimación

En el siguiente apartado se describen las metodologías implementadas en la presente investigación:

3.3.3.1. Estimación sin considerar la potencial endogeneidad de las variables explicativas incluidas en los modelos

3.3.3.1.1. Metodología de efectos fijos

La transformación de efectos fijos o transformación intragrupal (within) a diferencia de la técnica de estimación de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) agrupados o de coeficientes constantes¹³, reconoce la existencia de la heterogeneidad entre los individuos. No obstante, elimina dicha heterogeneidad al sustraer las medias muestrales de las observaciones disponibles (Gujarati y Porter, 2010). En cuanto a las desventajas que presenta, este estimador permite la correlación arbitraria entre la constante y las regresoras en cualquier instante del tiempo. De manera que, si se dispone de variables independientes que no varían en el tiempo, estas se eliminarían a raíz de la transformación de efectos fijos. Por consiguiente, no es posible conocer el efecto de dichas variables sobre la variable dependiente (Wooldridge, 2019). Para una explicación más minuciosa sobre el modelo de efectos fijos **véase anexo P**.

3.3.3.1.2. Pruebas de validación de los modelos de efectos fijos

Con el fin de que los modelos a analizar se encuentren correctamente especificados, se proceden a realizar los tests de validación y especificación sugeridos por la literatura.

Multicolinealidad

El análisis de correlaciones permite advertir potenciales problemas de multicolinealidad¹⁴. Si bien las correlaciones obtenidas en el modelo de alto ingreso no son muy elevadas, las correlaciones evidenciadas en el modelo de medio y bajo ingreso

¹³ Esta técnica estima una regresión que ignora la naturaleza de serie temporal y de corte transversal de los datos de panel. Pues, considera que los coeficientes de regresión son iguales para todos los individuos ignorando las heterogeneidades existentes. De hecho, aunque esta resulta su característica principal, también se considera su mayor limitación (Gujarati y Porter, 2010).

¹⁴ Para Wooldridge (2019) la multicolinealidad ocurre cuando se presenta una correlación fuerte aunque no perfecta entre dos o más regresoras. Una alta multicolinealidad infla las varianzas condicionales afectando a la interpretación de las pruebas de significancia individual, la estimación y el pronóstico (Belsley et al., 1980).

podrían indicar la existencia de multicolinealidad (**véase Anexo E**). De ahí que, se procede a realizar el análisis del Factor de Inflación de la Varianza¹⁵.

Al observar el **Anexo E** se constata que en el presente estudio ninguno de los modelos estimados presenta problemas de multicolinealidad severa. Así, en el modelo correspondiente a los países de alto ingreso se observa que ninguno de los indicadores VIF son mayores a 5 (excepto los de CEL y CEL2, pero esto se debe a que el análisis demostró que era necesario incluir el efecto cuadrático de la variable CEL). Por tanto, el modelo en cuestión presentaría problemas de multicolinealidad leves. Por otro lado, en el modelo de bajo y medio ingreso, las variables INT, BAND, TER y SEC presentan un VIF mayor a 5 pero no superior a 10. Por consiguiente, se concluye que en el modelo correspondiente a países de medio y bajo ingreso, la multicolinealidad presentaría un impacto moderado que no afecta significativamente a los estimadores.

Prueba F restringida

Al realizar la prueba F restringida¹⁶ se determinó que los dos modelos incluidos en esta investigación deben ser estimados por efectos fijos. Pues, en ambos casos, la probabilidad obtenida al implementar el test resultó ser menor al 5%. De modo que, se evidencia que al 5% de significancia se rechaza la hipótesis nula. Esto implica que es imposible estimar los modelos utilizando la técnica de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) agrupados o de coeficientes constantes. Lo anterior se debe a que, en cada uno de los modelos, por lo menos uno de los interceptos diferenciales si pertenecen al modelo que se busca estimar (**véase Anexo F**).

¹⁵ Según Kutner et al. (2004) esta metodología provee un índice que calcula cuántas veces la varianza de los coeficientes incluidos en la regresión se inflan a causa de la colinealidad en comparación de cuando las variables independientes no se encuentran linealmente correlacionadas. De este modo, si el indicador se encuentra entre 0 y 5, el problema de multicolinealidad es leve; si el VIF presenta valores entre 5 y 10, su impacto sobre los estimadores es moderado; mientras que, si el indicador evidencia valores mayores a 10, se presenta una afectación significativa sobre los estimadores.

¹⁶ Gujarati y Porter (2010) indican que el modelo estimado por MCO agrupados puede ser considerado como una alternativa restringida al modelo de efectos fijos. Por este motivo, la prueba F restringida plantea en su hipótesis nula la no significancia de los interceptos diferenciales. De rechazarse la misma, se deduce que al menos alguno de estos interceptos pertenece al modelo; y, por tanto, debe usarse efectos fijos.

Prueba de Hausman

Los resultados del test de Hausman¹⁷ para ambos modelos indicaron que al 5 % de significancia existe evidencia para rechazar la hipótesis nula. En consecuencia, los modelos se explican mejor al estimar considerando la técnica de efectos fijos y no de efectos aleatorios¹⁸(véase **Anexo G**).

Prueba de efectos fijos bidireccionales

Al implementar la prueba de efectos fijos bidireccionales¹⁹, se pudo determinar que al 5% de significancia solamente el modelo de alto ingreso presenta la necesidad de evaluar los efectos fijos tanto de las unidades como del tiempo. Lo anterior se concluye ya que presenta un p-valor menor al 5% (**véase Anexo H**). Por consiguiente, para el modelo de alto ingreso, los siguientes análisis ya considerarán los efectos fijos bidireccionales.

Heterocedasticidad

El test de heterocedasticidad modificado para datos de panel²⁰ indica que ambos modelos presentaron un p-valor inferior al 5%. De esta manera, se puede concluir que al 5% de significancia los modelos presentan problemas de heterocedasticidad (**véase Anexo I**).

¹⁷ Esta prueba busca demostrar la ortogonalidad existente entre los regresores y los efectos aleatorios (Greene, 2002). La hipótesis nula propone que los estimadores obtenidos por medio de efectos fijos y efectos aleatorios no difieren de manera considerable. Así, si esta es rechazada, se debe preferir el modelo de efectos fijos. Pues, esto es señal de que por lo menos uno de los regresores se correlaciona con los efectos aleatorios (Gujarati y Porter, 2010).

¹⁸ A diferencia del modelo de efectos fijos, el modelo de efectos aleatorios asume que el efecto individual inobservable no se correlaciona con las variables explicativas en ningún instante de tiempo (Gujarati y Porter, 2010; Wooldridge, 2019). En consecuencia, buscar eliminar el efecto individual inobservable por medio de la transformación utilizada para estimar efectos fijos produce estimadores ineficientes. De hecho, tomando en cuenta que el término de error compuesto incluye tanto al término de error idiosincrático como al efecto individual inobservable, el término de error compuesto se correlaciona serialmente en cada periodo de tiempo. Por tanto, para estimar efectos aleatorios es conveniente utilizar los mínimos cuadrados generalizados (MCG) (Wooldridge, 2019). Para más información véase capítulo 14 en especial la sección 14.2 “Random effects models” del libro “Introductory econometrics: A modern approach” de Wooldridge (2019) y el capítulo 16 específicamente la sección 16.6 denominada “Modelo de efectos aleatorios (MEFA)” del libro “Econometría” de Gujarati y Porter (2010).

¹⁹ En algunas ocasiones es necesario analizar la incidencia del efecto tiempo sobre la variable dependiente. Por lo cual, se introducen variables dicotómicas temporales para cada año disponible y se realiza una prueba de significancia conjunta a dichas variables (Gujarati y Porter, 2010).

²⁰ Para detectar problemas de heterocedasticidad cuando se dispone de una estructura de datos de panel, Greene (2002) recomienda el uso de la prueba de Wald. Esta prueba plantea como hipótesis nula la existencia de homocedasticidad. Además, una ventaja de esta prueba es que no presenta sensibilidad a la ausencia de normalidad como es el caso de la Prueba del multiplicador de Breusch-Pagan Lagrange.

Correlación contemporánea

Los resultados obtenidos al implementar la prueba de dependencia transversal²¹ de Pesaran muestran que al 5% significancia no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula en ninguno de los dos modelos. Por tanto, los modelos no se ven afectados por la correlación contemporánea (**véase Anexo J**).

Test de Ramsey

En el caso del modelo de medio y bajo ingreso, al implementar el test de Ramsey²² no se encontraron mayores inconvenientes. Pues, al 5% de significancia no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula de correcta especificación. Por otro lado, para el grupo de alto ingreso, inicialmente el resultado del test presentó un p-valor de 0.0147. Así, al ser un valor inferior al 5%, existe evidencia para rechazar la hipótesis nula de correcta especificación. En consecuencia, para el modelo de alto ingreso, la especificación lineal no fue la adecuada (**véase Anexo K**). Por este motivo, se efectuó un análisis posterior en el que se observó que la variable CEL es la que presenta un comportamiento no lineal. De esta manera, al incluir el efecto cuadrático de la variable CEL en el modelo de alto ingreso, el modelo pudo satisfacer el test de Ramsey (**véase Anexo L**).

Autocorrelación

La presencia de autocorrelación serial produce estimadores MCO insesgados pero ineficientes. De ahí que, la existencia de autocorrelación afecta la inferencia del modelo (Gujarati y Porter, 2010). A pesar de ello, tomando en cuenta que en el presente trabajo se analizan paneles con muy pocas series temporales $T=8$, no es necesario considerar esta problemática. Pues, siguiendo lo mencionado por Zhang et al. (2016), en un panel con muy pocos datos de series temporales la autocorrelación no es un problema.

²¹ La correlación contemporánea se presenta cuando en un mismo periodo de tiempo las características inobservables de ciertas entidades se correlacionan con las características inobservables de otras unidades de corte transversal. Este problema puede causar que el estimador de efectos fijos y aleatorios sea sesgado e inconsistente, o consistente pero ineficiente. Lo anterior, dependiendo tanto de la fuerza como de la naturaleza de la correlación existente entre las entidades (De Hoyos y Sarafidis, 2006).

²² El test de Ramsey busca detectar la posible especificación incorrecta en la forma funcional de las variables incluidas como explicativas. La prueba plantea como hipótesis nula la correcta especificación del modelo (Wooldridge, 2019).

3.3.3.1.3. Corrección de los problemas presentados en el modelo de efectos

fijos

Los modelos de efectos fijos presentaron problemas de heterocedasticidad. Por lo cual, con el objetivo de evitar los efectos negativos que la heterocedasticidad puede producir sobre los estimadores obtenidos, la literatura sugiere la utilización de errores estándar robustos a la heterocedasticidad o también llamados estimadores sándwich (Schmidheiny, 2020).

3.3.3.2. Estimación considerando la potencial endogeneidad de las variables explicativas incluidas en los modelos

3.3.3.2.1. Análisis de endogeneidad: Test de Durbin-Wu-Hausman

La literatura sugiere que los modelos de crecimiento económico tienden a presentar problemas de endogeneidad²³ por simultaneidad²⁴. Por ejemplo, Datta y Agarwal (2004) y Ng et al. (2013) advierten de la presencia de este problema con respecto a las variables referentes a la tecnología. Por su parte, Gyimah-Brempong et al. (2006) evidencian endogeneidad para las variables relacionadas a la educación. En este contexto, es visible la ausencia del supuesto de exogeneidad estricta de las variables independientes. De manera que, los estimadores obtenidos por efectos fijos serán sesgados e inconsistentes (Wooldridge, 2019).

Considerando lo anterior, se procede a implementar la prueba de Durbin-Wu-Hausman²⁵ en su versión robusta²⁶. Asimismo, se informa que para aplicar el test se utilizó el primer rezago de cada una de las variables a analizar como instrumento de las mismas. Práctica que de acuerdo con Temple (1999) es una alternativa válida ante la dificultad de encontrar una variable instrumental. De hecho, varios estudios como los de Barro y Lee (1994), Caselli et al. (1996) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2019) optan por esta opción.

²³ La endogeneidad ocurre cuando una o más regresoras se correlacionan con el término de error (Lynch y Brown, 2011). Antonakis et al. (2010) señalan que las causas más comunes de endogeneidad son problemas relacionados con una variable relevante omitida, simultaneidad y error de medida.

²⁴ Según Wooldridge (2019) la endogeneidad por simultaneidad aparece cuando uno o más regresores incluidos en un modelo se determina al mismo tiempo que la variable dependiente.

²⁵ Davidson y MacKinnon (1993) indican que el test de Durbin-Wu-Hausman prueba la consistencia de los estimadores obtenidos por mínimos cuadrados ante la presencia de regresores presuntamente endógenos. La prueba formula como hipótesis nula la exogeneidad del regresor analizado.

²⁶ Asumiendo el caso más real de errores de heterocedásticos, Cameron y Trivedi (2009) recomiendan utilizar la versión robusta de la prueba.

Al implementar el test de Durbin-Wu-Hausman se encuentra que considerando el 5% de significancia, en el modelo de alto ingreso tan solo la variable INF (Inflación, precios al consumidor (% anual)) resulta ser endógena. Por otro lado, en el modelo de medio y bajo ingreso, al 5% de significancia existe evidencia para rechazar la hipótesis nula de exogeneidad de las variables INT (Individuos que usan Internet (% de la población)) y BAND (Suscripciones de banda ancha fija (por cada 100 personas)) (véase Anexo M).

Por último, los instrumentos utilizados deben pasar por una serie de pruebas de validación. Así, en el caso de modelos exactamente identificados como los considerados en este estudio, es necesario analizar las pruebas de subidentificación²⁷ y de identificación débil²⁸.

Al aplicar el test de subidentificación, las variables instrumentales utilizadas en el modelo de alto ingreso no evidenciaron problemas. En cambio, en el modelo de medio y bajo ingreso se concluye que el instrumento de la variable INF (Inflación, precios al consumidor (% anual)) no es adecuado en su propósito de identificar la ecuación de interés. Pues, al examinar el instrumento de esta variable, a un nivel de confianza del 95% no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula de subidentificación (véase Anexo N).

Con respecto a la prueba de identificación débil de los instrumentos, en el modelo de alto ingreso, los estadísticos correspondientes a todas las variables instrumentales (excepto el de la variable instrumental de INF) resultan mayores que todos los valores críticos de la prueba de identificación débil de Stock-Yogo. Por esta razón, es posible confirmar la no debilidad de los instrumentos relacionados a dichas variables. En cuanto al instrumento de INF, a pesar de que el sesgo de inferencia en la

²⁷ La prueba de subidentificación verifica si los instrumentos son relevantes para el potencial regresor endógeno. El test plantea como hipótesis nula que la ecuación está subidentificada (Baum et al., 2007).

²⁸ La prueba de identificación débil examina si los instrumentos se correlacionan débilmente con la variable endógena. Para interpretarse, se debe comparar el estadístico F de Kleibergen-Paap rk Wald respecto a los valores críticos de la prueba de identificación débil de Stock-Yogo. De manera que, si los últimos son mayores que el estadístico, entonces el instrumento en cuestión será débil (Baum et al., 2007).

estimación de IV correspondiente al nivel de tolerancia del 10% es mayor que el estadístico obtenido, se mantiene el sesgo en un nivel bajo. De ahí que, se considera que el instrumento utilizado para INF no es débil. Por otro lado, en el modelo de medio y bajo ingreso, solamente la variable instrumental de INF resulta ser débil (**véase Anexo O**).

En este punto es importante mencionar que, tomando en cuenta los resultados de la prueba de Durbin-Wu-Hausman, se incluirá a la variable INF como exógena en el modelo de medio y bajo ingreso. No obstante, los análisis de este modelo se realizarán con mucho cuidado. Puesto que, considerando que el instrumento utilizado para INF no pasó ninguna de las pruebas mencionadas, las conclusiones obtenidas de los resultados del test de Durbin-Wu-Hausman pueden ser erróneas. Es decir, existe la posibilidad de que la variable INF sea endógena; y, en consecuencia, las estimaciones del modelo de medio y bajo ingreso se vean afectadas.

3.3.3.2.2. Método de variables instrumentales y el método generalizado de momentos

Frente a variables independientes endógenas, las estimaciones obtenidas por MCO resultan inconsistentes y sesgadas²⁹. Esto implica que las estimaciones no pueden ser utilizadas para realizar interpretación causal³⁰. Por ende, es en este contexto que las metodologías de variables instrumentales (IV) toman importancia (Cameron y Trivedi, 2009). Autores como Matyas (1999), Hall (2007), Hansen (2008) y Wooldridge (2010) concuerdan en que la perspectiva actual para estimar estos modelos considera el principio del método generalizado de momentos.

Newey (2007) explica que el método generalizado de momentos es una técnica de estimación de parámetros que consiste en efectuar estimaciones determinando momentos de muestra que permiten obtener aproximaciones a sus equivalentes de la población. En esta misma línea, Hansen (1982) demostró que este método resulta útil independientemente de la naturaleza de los datos que se dispone o la forma funcional del modelo que se busca estimar. Adicionalmente, este autor menciona que todos los

²⁹ Cameron y Trivedi (2009) y Wooldridge (2019) exponen que esto indica que el sesgo permanece incluso a medida que se incrementa el tamaño de la muestra.

³⁰ De acuerdo con Cameron y Trivedi (2009), ante la presencia de endogeneidad, el estimador β_j obtenido por MCO no puede considerarse como una estimación del efecto marginal de la variación de la regresora x_j sobre la variable dependiente y .

estimadores de variables instrumentales se pueden transformar en un estimador de método generalizado de momentos. Por su parte, Wooldridge (2001) indica que además de ser una metodología útil en modelos que incluyen variables independientes que no son estrictamente exógenas, resulta eficiente ante la presencia de heterocedasticidad y correlación serial en los términos de error.

Como ya se mencionó, los modelos estimados en este estudio son exactamente identificados³¹. De ahí que, se espera obtener el estimador de variables instrumentales. Pues, bajo estas condiciones, Wooldridge (2010) señala que el estimador del método generalizado de momentos coincide con el estimador de variables instrumentales (IV). De hecho, autores como Wooldridge (2001) y Cameron y Trivedi (2009) exponen que en el contexto de un modelo exactamente identificado, no existe diferencia al implementar el estimador de mínimos cuadrados bietápicos, el estimador IV y el estimador del método generalizado de momentos. Por tanto, esto evidencia la afirmación expuesta por Hansen (1982) en la cual identifica al método generalizado de momentos como un marco unificador de estimadores de gran interés en la econometría.

Para culminar, es pertinente informar que los resultados presentados son robustos a la heterocedasticidad arbitraria y la correlación intragrupal arbitraria. Esto debido a que siempre es mejor optar por usar errores estándar robustos de clúster (Cameron y Trivedi, 2009). Para una explicación más detallada del método generalizado de momentos **revisar el Anexo P**.

³¹ Según Wooldridge (2010) esto ocurre cuando el número de instrumentos iguala al número de regresores.

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente sección detalla los resultados obtenidos al estimar y validar los modelos propuestos siguiendo el procedimiento planteado en el **Capítulo 3**. El análisis de los resultados combina reflexiones teórico empíricas con base en la literatura abordada en el **Capítulo 2**. Previo al análisis de resultados, con la finalidad de introducir la discusión desde el conocimiento de la información utilizada, se procede a presentar la estadística descriptiva.

Tabla 4.1. *Estadística descriptiva de los datos correspondientes al grupo de países de alto ingreso*

Variable	Obs	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Crecimiento del PIB per cápita (% anual) (CREC)	256	1,5750	3,8111	-23,0634	23,9991
Tasa bruta de matrícula en educación primaria, ambos sexos (%) (% bruto) (PRIM)	256	102,0196	4,2175	91,9440	126,5754
Tasa bruta de matrícula en educación secundaria, ambos sexos (%) (SEC)	256	108,6507	15,1157	87,7839	163,9347
Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%) (TER)	256	68,6438	18,1874	15,4591	136,6026
Suscripciones de telefonía celular móvil (por cada 100 personas) (CEL)	256	127,4858	34,5347	75,6288	328,7904
Individuos que usan Internet (% de la población) (INT)	256	77,0320	12,3729	35,8278	98,2552
Suscripciones de banda ancha fija (por cada 100 personas) (BAND)	256	28,3666	8,9654	1,9553	46,3199
Formación bruta de capital (% del PIB) (INV)	256	22,1081	4,7211	11,8923	39,5910
Comercio (% del PIB) (COM)	256	111,3534	52,5964	51,1973	322,6765
Inflación, precios al consumidor (% anual) (INF)	256	1,5165	1,5831	-2,0970	6,1083

Nota. El porcentaje de datos imputados fue de 0,31% del total disponible. Por variable: el porcentaje es de 0,39% para PRIM, 1,96% para SEC y 0,78% para TER (**véase Anexo D**).

Fuente: Datos obtenidos considerando la base de datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla 4.2. Estadística descriptiva de los datos correspondientes al grupo de países de medio y bajo ingreso

Variable	Obs	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
Crecimiento del PIB per cápita (% anual) (CREC)	248	2,2987	2,5492	-8,5533	11,8687
Tasa bruta de matrícula en educación primaria, ambos sexos (%) (PRIM)	248	106,7946	16,6048	62,7084	149,9568
Tasa bruta de matrícula en educación secundaria, ambos sexos (%) (SEC)	248	73,0511	27,4648	13,0425	114,1974
Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%) (TER)	248	32,1473	23,3774	1,3726	93,5433
Suscripciones de telefonía celular móvil (por cada 100 personas) (CEL)	248	100,2455	36,5420	19,3419	180,4934
Individuos que usan Internet (% de la población) (INT)	248	32,7159	22,8925	0,83	80,1405
Suscripciones de banda ancha fija (por cada 100 personas) (BAND)	248	6,4325	7,4255	0,0041	33,4731
Formación bruta de capital (% del PIB) (INV)	248	25,7227	8,4003	8,8060	53,9880
Comercio (% del PIB) (COM)	248	72,6072	33,5027	22,7722	157,9743
Inflación, precios al consumidor (% anual) (INF)	248	6,3390	6,9049	-1,4182	59,2197

Nota. El porcentaje de datos imputados fue de 1,13% del total disponible. Por variable: el porcentaje es de 2,82% para PRIM, 4,03% para SEC, 4,03% para TER y 0,40% INT (véase Anexo D).

Fuente: Datos obtenidos considerando la base de datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

En la **Tabla 4.1** se evidencia que para los países de alto ingreso la tasa máxima de crecimiento fue muy cercana al 24% correspondiente a Irlanda en el año 2015; mientras que, la menor cifra la presentó Macao con un decrecimiento de 23,06%.

En cuanto a los indicadores referentes a la educación de los países de alto ingreso, la tasa bruta de matrícula a nivel primario evidencia un valor máximo de 126,58% presentado por Suecia en 2017 y un mínimo de 91,94% de Croacia en 2010. Por su parte, la tasa bruta de matrícula secundaria presenta cifras entre 87,78% correspondiente a Macao en 2010 y 163,94% presentado por Bélgica en 2015. Por último, para la matrícula bruta a nivel terciario se tiene como valor mínimo a Brunéi en 2010 con 15,46% y como valor máximo a Grecia en 2017 con 136,60% (véase la **Tabla 4.1**).

Las variables relacionadas a las TIC de los países de alto ingreso muestran que las suscripciones a celular móvil evidencian un valor mínimo de 75,63 suscripciones por cada 100 personas presentado por Canadá en 2010 y un máximo de 328,79 suscripciones por cada 100 personas en 2017 para Macao. Asimismo, el porcentaje de la población que utiliza Internet presenta valores entre 35,83% correspondiente a Omán en 2010 y 98,26% correspondiente a Islandia en 2017. Finalmente, al considerar las suscripciones de banda ancha fija, se identifica que durante el periodo de interés el mínimo valor es de 1,96 suscripciones por cada 100 personas, dato presentado por Omán en 2010; en tanto que, el máximo valor es 46,32 suscripciones por cada 100 personas perteneciente a Suiza en el 2017 (**véase la Tabla 4.1**).

Con respecto a las variables de control se observa que, en el conjunto de países de alto ingreso, la nación que presentó una menor formación bruta de capital como porcentaje de PIB fue Grecia en 2014 con 11,89%; mientras que, Brunéi en 2013 con 39,59% de PIB fue la cifra más alta. De la misma manera, se aprecia que la menor cifra de la participación de las exportaciones e importaciones respecto al PIB fue cercana a 51,20% perteneciente a Grecia en el año 2010; en tanto que, la cifra mayor fue de 322,68% presentada por Malta en 2012. Para concluir, la inflación se encontró entre -2,1% correspondiente a Chipre en 2015 y 6,11% presentado por Macao en 2018 (**véase la Tabla 4.1**).

Por otro lado, en la **Tabla 4.2** es posible encontrar la estadística descriptiva de los países de medio y bajo ingreso. Así, durante el periodo de análisis, el crecimiento económico más alto fue evidenciado por Irán con 11,87% en 2010 y fue igualmente Irán en 2012 el que experimentó un crecimiento menor con un valor de -8,55%.

Al analizar las variables de educación pertenecientes a las naciones de renta media y baja, se evidencia que la tasa bruta de matrícula primaria presentó su valor máximo en 149,96% correspondiente a Nepal en 2011; mientras que, el país que presentó la menor cifra del grupo fue Nigeria en 2010 con 62,71%. Por su parte, la tasa bruta de matrícula en educación secundaria más alta fue de 114,20% en 2017 por Kazajistán y la menor cifra fue Nigeria en 2010 con 13,04%. En cuanto a la educación terciaria, esta se encontró en un rango que incluye cifras entre 93,54% presentado por Bielorrusia en 2013 y 1,37% en Nigeria durante el año 2010 (**véase la Tabla 4.2**).

Referente a las TIC de los países de medio y bajo ingreso, las suscripciones de telefonía móvil presentan como valor máximo a Kazajistán con 180,49 suscripciones por cada 100 personas en 2012 y como cifra mínima 19,34 suscripciones por cada 100 personas correspondiente a Burundi en 2010. En tanto al porcentaje de la población de usuarios que ocupan Internet, el valor máximo corresponde a Malasia con un 80,14% en 2017 y un mínimo de 0,83% presentado por Nigeria en 2010. Por último, las suscripciones de banda ancha fija por cada 100 personas evidenciaron un mínimo de 0,004 suscripciones por cada 100 personas perteneciente a Burundi en 2010; mientras que, el valor más alto fue de 33,47 suscripciones por cada 100 personas en Bielorrusia en 2017 (**véase la Tabla 4.2**).

Para finalizar, se observa que, en el grupo de países de ingreso medio y bajo, la formación bruta de capital respecto al PIB se encontró entre el valor presentado por Mozambique en 2013 que fue de 53,99% y la cifra correspondiente a Burundi en 2017 de 8,81%. Asimismo, se evidencia que el comercio como porcentaje de PIB ha evidenciado una cifra máxima de 157,97% perteneciente a Bielorrusia en 2011 y un mínimo de 22,77% de Brasil en 2010. Finalmente, la inflación presenta un mínimo de -1,42% correspondiente a Bulgaria en 2014 y un máximo de 59,22% de Bielorrusia en 2012 (**véase la Tabla 4.2**).

Al examinar las **Tablas 4.1 y 4.2** se evidencia que la tecnología que más se presenta en los grupos de países es la telefonía móvil, pues su valor medio en ambas poblaciones objetivo es superior. Al contrario, una menor cantidad de población parece disponer de banda ancha fija. De igual manera, en los países de alto ingreso, el promedio de suscripciones de celulares de telefonía móvil es de 127,49³² por cada 100 personas, en promedio 77,03% de la población usa Internet; en tanto que, a las suscripciones a banda ancha fija les corresponde un valor medio de 28,37 suscripciones por cada 100 personas. En cuanto a los países de medio y bajo ingreso, en promedio 100,25 por cada 100 personas cuentan con una suscripción a celular móvil, 32,72% de la población usa Internet, y 6,43 por cada 100 personas disponen de una suscripción de banda ancha fija. Asimismo, el análisis indica que en ambos grupos de países existen

³² Si las suscripciones de telefonía móvil sobrepasan las 100 por cada 100 personas, quiere decir que existen personas con más de una suscripción.

personas con más de una suscripción de telefonía móvil, pues los promedios superan las 100 suscripciones a esta tecnología por cada 100 personas.

Referente a la educación, las **Tablas 4.1 y 4.2** muestran que en ambos grupos de países la educación terciaria tiende a tener un menor porcentaje de matriculados que los otros niveles. Así, se aprecia que en promedio la matriculación bruta a nivel primario en los países de alto ingreso es de 102,02%³³, de nivel secundario de 108,65% y de nivel terciario de 68,64%. Por su parte, los países de medio y bajo ingreso evidencian un porcentaje promedio de matriculación bruta a nivel primario cercano a 106,80%, a nivel secundario de 73,05% y a nivel terciario de 32,15%. En consecuencia, considerando que los promedios presentados por la matriculación primaria y secundaria sobrepasan el 100%, se percibe que existen estudiantes matriculados en estos niveles de educación que no se encuentran en la edad pertinente para cursar los niveles de interés.

Por último, en las **Tablas 4.1 y 4.2** también se observa que, durante el periodo de análisis, la mayoría de los valores medios asociados a las variables que fueron presentados por los países de alto ingreso son superiores a los que evidencian los países de medio y bajo ingreso. Esta afirmación es cierta para todas las variables a excepción de la tasa de crecimiento del PIB, la tasa bruta de matrícula primaria, la formación bruta de capital fijo y la inflación. Las variables en mención para los países de medio y bajo ingreso presentaron valores medios de 2,30%, 106,79%, 25,72% y 6,34%, respectivamente. En tanto que, para los países de alto ingreso, los promedios fueron de 1,58%, 102,02%, 22,11% y 1,52%.

Una vez presentado el panorama descriptivo de los grupos de países sujetos de estudio, a continuación, se presentan los resultados obtenidos con la ayuda de las **Tablas 4.3 y 4.4**. Las **Tablas 4.3 y 4.4** incluyen las estimaciones de los modelos de los grupos de países de alto ingreso y medio y bajo ingreso, respectivamente. Asimismo, en cada tabla se identifica: (i) un **Modelo 1** correspondiente a las estimaciones resultantes de considerar efectos fijos y, (ii) un **Modelo 2** que se implementa tomando en cuenta el método generalizado de momentos (MGM).

³³ La tasa bruta de matrícula puede superar el 100% debido a la inclusión de alumnos que han ingresado prematura o tardíamente a la escuela y a los repetidores.

Tabla 4.3. Estimaciones de los modelos correspondientes al grupo de países de alto ingreso

Variables Independientes	Modelo 1	Modelo 2
	Efectos Fijos	MGM
PRIM	-0,0203 (0,0408)	0,0367 (0,0768)
SEC	0,0210 (0,0263)	0,0148 (0,0412)
TER	0,0905*** (0,0451)	0,1723* (0,0591)
CEL	0,2043* (0,0408)	0,2515* (0,7716)
CEL2	-0,0008* (0,0001)	-0,0010* (0,0001)
INT	-0,0385 (0,0520)	-0,1332 (0,0817)
BAND	0,3328** (0,1397)	0,4460*** (0,2387)
INV	-0,0029 (0,1549)	-0,1064 (0,1705)
COM	0,0959* (0,0308)	0,0774*** (0,0453)
INF	-0,6848** (0,3039)	-2,6816* (0,7208)
Cons	-30,4204* (8,1213)	-
R ²	0,4298	0,1820
Prob > F ³⁴	0,0000	0,0000
N° de países	32	32
Prueba de Subidentificación: Chi-sq(1) P-val ³⁵		0,0137
Prueba de Estadístico F Kleibergen-Paap rk		11,494
Identificación Wald		
ión Valores	10% del tamaño	16,38
Débil ³⁶ críticos de	máximo de IV	
Stock y	15% del tamaño	8,96
Yogo	máximo de IV	
	20% del tamaño	6,66
	máximo de IV	
	25% del tamaño	5,53
	máximo de IV	

*p<0,01, **p<0,05 y ***p<0,10
Desviaciones estándar entre paréntesis

- ✓ Tanto el **Modelo 1** como el **Modelo 2** consideran efectos fijos bidireccionales.
- ✓ El R² que se reporta en el **Modelo 1** corresponde al R² within, mientras que el R² del **Modelo 2** es el centered R².
- ✓ El **Modelo 2** no reporta la constante ya que el comando utilizado no permite su estimación.

Fuente: Estimaciones a partir de los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

³⁴ Los modelos presentan significancia conjunta al considerar el 1%, 5% y 10% de significancia.

³⁵ Los resultados muestran que el instrumento es relevante al considerar el 5% y 10% de significancia.

³⁶ El test de identificación débil evidencia que a pesar de que el sesgo de inferencia en la estimación de IV correspondiente al nivel de tolerancia del 10% de los valores críticos de Stock y Yogo es mayor que el estadístico F Kleibergen-Paap rk Wald, al considerar un nivel de sesgo tolerable del 15% del umbral de Stock y Yogo (lo que sigue manteniendo el sesgo en un nivel bajo) se concluye que el instrumento utilizado no es débil.

Tabla 4.4. Estimaciones de los modelos correspondientes al grupo de países de medio y bajo ingreso.

Variables Independientes	Modelo 1	Modelo 2
	Efectos Fijos	MGM
PRIM	0,0922*** (0,0467)	0,1151** (0,0547)
SEC	-0,0842** (0,0384)	-0,0986** (0,0371)
TER	0,0300 (0,0641)	0,1038 (0,0773)
CEL	-0,0174 (0,0138)	-0,0205 (0,0180)
INT	0,0359 (0,0356)	0,0462 (0,0434)
BAND	-0,3296 (0,2075)	-0,4320*** (0,2337)
INV	-0,0117 (0,0537)	-0,0373 (0,0754)
COM	0,0481** (0,0234)	0,0553** (0,0246)
INF	-0,1091 (0,0646)	-0,9113 (0,0687)
Cons	-2,1690 (5,6318)	-
R ²	0,1708	0,1286
Prob > F ³⁷	0,0039	0,0097
N° de países	31	31
Prueba de Subidentificación		0,0003
Chi-sq(1) P-val ³⁸		
Prueba de Identificación Débil ³⁹	Estadístico F Kleibergen-Paap rk Wald	73,306
	Valores críticos de Stock y Yogo	7,03 4,58 3,95 3,63

*p<0,01, **p<0,05 y ***p<0,10

Desviaciones estándar entre paréntesis

- ✓ Tanto el **Modelo 1** como el **Modelo 2** consideran solo efectos fijos a nivel de individuos.
- ✓ El R² que se reporta en el **Modelo 1** corresponde al R² within, mientras que el R² del **Modelo 2** es el centered R².
- ✓ El **Modelo 2** no reporta la constante ya que el comando utilizado no permite su estimación.

Fuente: Estimaciones a partir de los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

³⁷ Los modelos presentan significancia conjunta al considerar el 5% y 10% de significancia.

³⁸ Los resultados muestran que los instrumentos utilizados son relevantes al considerar el 1%, 5% y 10% de significancia.

³⁹ El test de identificación débil evidencia que al ser el estadístico F Kleibergen-Paap rk Wald mayor que todos los valores críticos de Stock y Yogo, los instrumentos utilizados no son débiles.

Cabe señalar que en las **Tablas 4.3 y 4.4** se presenta el modelo estimado por efectos fijos (**Modelo 1**) debido a que para ambos casos se estudia una composición de datos de panel, la cual influye en la estimación. Pues, al implementar la prueba F-restringida (**véase Anexo F**) se determinó que, en la estimación de los modelos de interés, debe considerarse la heterogeneidad existente entre países. De hecho, en el modelo de alto ingreso, existe la necesidad de evaluar también la heterogeneidad no observada provocada por el efecto del tiempo (**véase Anexo H**). Asimismo, los resultados del Test de Hausman (**véase Anexo G**) permitieron concluir que tanto para el modelo de alto ingreso como para modelo de medio y bajo ingreso se debe implementar efectos fijos y no efectos aleatorios.

Sin embargo, como se expuso en el **Capítulo 3**, los problemas de endogeneidad por simultaneidad son comunes en los modelos de crecimiento económico. Por esta razón, se aplicó el Test de Durbin-Wu-Hausman a cada una de las variables independientes que se incluyen en ambos modelos (**véase Anexo M**). Como resultado, se identificó que algunas de estas regresoras son endógenas. Lo anterior, evidencia que no se cumple el supuesto de exogeneidad estricta de las variables independientes que requiere el estimador de efectos fijos. De ahí que, al no cumplirse este supuesto, el **Modelo 1** es propenso a presentar coeficientes sesgados e inconsistentes (Cameron y Trivedi, 2009). En consecuencia, el modelo preferido es el **Modelo 2** estimado por el método generalizado de momentos MGM, metodología que permite abordar los problemas de endogeneidad. Aun así, siguiendo el análisis realizado a lo largo de la estimación, el **Modelo 2** si considera la heterogeneidad existente entre países; y, en el caso del modelo de alto ingreso, también toma en cuenta la heterogeneidad causada por el efecto del tiempo.

Por lo anterior, se procede a discutir los resultados presentados en el **Modelo 2** de cada una de las poblaciones objetivo. Se realiza énfasis en los efectos que las variables de interés de este estudio (es decir, las variables referentes a educación y tecnología) pueden tener sobre el crecimiento económico de estos dos bloques de países. Asimismo, cabe señalar que la interpretación se realiza tomando en cuenta la condición *ceteris paribus*. En cuanto al modelo de medio y bajo ingreso, se advierte que la interpretación de sus resultados debe considerarse con precaución. Pues, como ya se había señalado, el instrumento utilizado para determinar la endogeneidad de la variable INF resulta ser débil y no relevante (**véase Anexos N y O**). A pesar de ello, esto no

invalida por completo los resultados de este estudio, ya que en general se implementaron los métodos más adecuados tomando en cuenta las características de los datos disponibles para ambos grupos de países.

En el **Modelo 2** de los países de alto ingreso (**Tabla 4.3**), la variable tasa bruta de matrícula en educación terciaria presenta una probabilidad menor al 1%. Por tanto, al 1% de significancia, se rechaza la hipótesis nula de no significancia del coeficiente. Es decir, el parámetro de la variable explicativa en cuestión es significativo en el modelo. Igualmente, se observa que presenta signo positivo lo que es consistente con la teoría y gran parte de la literatura económica en los que se encuentran estudios como Hayaloglu, (2015), Pegkas y Tsamadias (2014) y Mariana (2015). En consecuencia, los resultados sugieren que ante un aumento del 1% en la tasa bruta de matrícula en educación terciaria, el crecimiento del PIB per cápita en los países de alto ingreso se incrementará en 0,17%. Por otro lado, respecto a la tasa bruta de matrícula en educación primaria y secundaria, estas no resultan ser estadísticamente significativas. Es así que, los resultados sugieren que, para este conjunto de países, los niveles inferiores de educación no impulsan el crecimiento.

Respecto al **Modelo 2** que se presenta en la **Tabla 4.4**, se evidencia que en los países de medio y bajo ingreso, la tasa bruta de matrícula terciaria no resulta significativa. En tanto que, al tomar en cuenta el 5% de significancia, son las variables de educación relacionadas al nivel de educación primaria y secundaria las que presentan significancia individual. Referente al nivel de educación primaria, su coeficiente presenta el efecto esperado por la teoría y gran parte de la literatura económica. En efecto, estudios como los de Chen y Feng (1996), Chavula (2013), Habibi y Zabardast (2020) y Amin et al. (2020) evidencian este efecto. Así, los resultados sugieren que ante el incremento de 1% en la tasa bruta de matrícula a nivel primario, el crecimiento del PIB per cápita experimenta un incremento de 0,12%. Por lo que se refiere a la tasa bruta de matrícula secundaria, su coeficiente es negativo. De ahí que, los resultados sugerirían que ante una variación positiva del 1% en la tasa bruta de matrícula a nivel secundario, el crecimiento del PIB per cápita se ve afectado de manera negativa en aproximadamente 0,10%. De lo anterior, es evidente que la variable en cuestión no presenta el signo esperado por la teoría económica, aunque como se discutió en **Capítulo 2**, es un efecto posible.

De los resultados expuestos, se observa que la manera en que los distintos niveles de educación influyen sobre el crecimiento económico de los países depende del nivel de ingreso que estos presentan. Conclusión que ya había sido planteada por Lee y Kim (2009), Petrakis y Stamatakis (2002) y Keller (2006). Pues, estos autores concuerdan en que a medida que incrementa el nivel de desarrollo o nivel de ingreso, se requiere de un mayor logro educativo para promover el crecimiento económico. De la misma manera, los resultados aquí presentados son consistentes con las investigaciones de Acemoglu et al.(2006), Vandenbussche et al. (2006), Perez-Sebastian (2007), Madsen et al. (2010), Agénor y Dinh (2013), Agénor y Alpaslan (2018) y Cherif y Hasanov (2019). Estos investigadores coinciden en que el rol que cumplen los diferentes niveles de educación sobre el crecimiento responde al proceso de industrialización por el que atraviesan las economías. De ahí que, la educación terciaria solo se vuelve relevante para el crecimiento cuando las economías se acercan a la frontera tecnológica (Vandenbussche et al., 2006; Agénor y Dinh, 2013; Agénor y Alpaslan, 2018).

Igualmente, otro aspecto fundamental a analizar es el efecto significativo pero negativo que presentó la tasa bruta de matrícula secundaria sobre el crecimiento de los países de medio y bajo ingreso (**véase el Modelo 2 de la Tabla 4.4**). En esta línea, existen factores que ocasionan que una variable de educación afecte negativamente el crecimiento económico. De acuerdo con Pritchett (2001), en estos factores se incluyen una burocracia excesiva, una educación de mala calidad y una mano de obra superior a la demanda. Por su parte, McMahon (1998), además de los últimos dos factores mencionados por Pritchett (2001), señala problemáticas como la migración y la congestión de alumnos en los institutos. Siendo estas, problemáticas comunes en las economías menos desarrolladas (McMahon, 1998; Pritchett, 2001). De modo que, se procede a identificar algunas de estas problemáticas en el contexto de los países de medio y bajo ingreso.

En las economías de medio y bajo ingreso, tanto la deserción escolar como la mala calidad de la educación son los principales determinantes de los déficits de aprendizaje presentes en la educación secundaria. De hecho, esta problemática es persistente, lo que resulta preocupante. Lo anterior debido a que las herramientas que se imparten en este nivel de educación permiten a los estudiantes acceder a varias opciones

de empleo por lo menos en el corto plazo (The International Commission on Financing Global Educational Opportunity, 2016).

Asimismo, en este grupo de países, solo 337 millones de 611 millones de niños que se encuentran en la edad escolar primaria y 194 millones de 662 millones que deberían cursar la educación secundaria están adquiriendo habilidades básicas correspondientes a educación primaria y secundaria respectivamente. De manera que, si la tendencia se mantiene, para 2030 solamente 7 de cada 10 niños con edad propicia para cursar la educación primaria y 4 de cada 10 niños en edad escolar secundaria podrán adquirir las habilidades básicas asociadas a estos niveles de educación. La problemática se vuelve más urgente en los países de bajo ingreso. De acuerdo con las proyecciones, en estas economías las cifras se reducirán a 3 de cada 10 niños en edad escolar a nivel primario y menos de 1 de cada 10 niños con la edad propicia para cursar la educación secundaria (The International Commission on Financing Global Educational Opportunity, 2016).

De los argumentos expuestos, se percibe que los países de medio y bajo ingreso enfrentan una crisis de importancia en el ámbito educativo. Una crisis cuyo punto central recae en las divergencias existentes en la cantidad y la calidad de la educación. Disparidades que se evidencian tanto dentro de una determinada región como al comparar entre regiones. Entre los factores que impulsan esta problemática se encuentran: la mala gestión gubernamental, el manejo ineficiente de recursos, los conflictos bélicos, el género, el origen étnico, las condiciones derivadas de la pobreza, etc (World Bank, 2018b).

En esta línea, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017a) recalca que entre 2008 y 2014 las tasas de culminación de la educación secundaria inferior eran del 79% en los países de ingreso medio alto, del 68% en los países de ingreso medio bajo y del 27% en los países de ingreso bajo. En cuanto a la tasa de finalización de la instrucción secundaria superior, la tasa fue del 84% en los países de ingreso alto, del 43% en los países de ingreso medio alto, del 38% en las economías de ingreso medio bajo y del 14% en los países de ingreso bajo. En consecuencia, se distingue que los porcentajes de matriculación disminuyen a medida que el nivel de ingreso decrece. De hecho, en el caso de la educación secundaria superior, la diferencia entre la tasa de finalización presentada por los países de alto

ingreso dista de manera considerable de la cifra presentada por las economías de ingreso medio alto.

De igual manera, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2017b) indica que en 2015 el gasto público en educación como porcentaje del PIB fue del 5,1% en las economías de alto ingreso; en tanto que, las economías de ingreso bajo destinaron 3,7% de su PIB a este propósito.

Adicionalmente, se pueden presentar estas diferencias dentro de un mismo país o región. Así, en África Subsahariana, de cada 20 niñas pobres que viven en el sector rural, solamente 1 de ellas termina la escuela secundaria. Por otro lado, los chicos no pobres que residen en la ciudad tienen 7 veces más probabilidad de graduarse de este nivel de educación (The International Commission on Financing Global Educational Opportunity, 2016). En consideración a la etnia, esta también incide en la culminación de la escolaridad. Al respecto, Lopez-Calva y Patrinos (2015) identifican que en América Latina los niños indígenas son más propensos a sufrir de trabajo infantil; y por tanto, a abandonar el sistema educativo.

De algunos de los argumentos presentados, se evidencia que la pobreza es un determinante fundamental de estas disparidades. De hecho, cuando los padres pobres perciben que su hijo o hijos no reciben una educación de calidad, estos optan por sacarlos de la escuela debido a que llegan a considerar a la educación como un gasto innecesario. Al contrario, de creer que la educación vale la pena, optan por enviar al hijo que crean que es más capaz de aprovechar este recurso (World Bank, 2018b). Asimismo, las malas condiciones de salud producto de la pobreza afectan el desenvolvimiento exitoso de los niños en el sistema educativo. En efecto, en los países de ingresos bajos y medianos, aproximadamente 1 de cada 3 infantes menores de 5 años presentan problemas de crecimiento causados por la desnutrición. Esto termina por afectar al desarrollo del cerebro, lo que dificulta que los niños adquieran nuevos conocimientos y habilidades. En consecuencia, estos niños ven limitado su avance en los distintos niveles de educación (World Bank, 2018b).

De igual modo, la culminación de la educación secundaria se ve obstaculizada por los costos significativos que la escolaridad representa para algunos. Pues, alrededor del 90% de las naciones de renta baja ofrecen a su población enseñanza primaria gratuita. Aun así, más del 40% de países pertenecientes a este grupo y el 10% de las

economías de renta media limitan la gratuidad de la educación secundaria inferior (World Bank, 2018b).

Igualmente, la presencia de conflictos sociales repercute en la permanencia de los estudiantes en el sistema educativo. Pues, los niños residentes en naciones en conflicto tienen una posibilidad menor en un 30% de graduarse del nivel primario y el 50% menos de probabilidad de concluir la instrucción secundaria (The International Commission on Financing Global Educational Opportunity, 2016).

Otra problemática importante en los países de medio y bajo ingreso es la migración. Conforme con la Organización Internacional para las Migraciones (2018), la búsqueda de mejores condiciones de trabajo e ingresos más altos impulsan a las personas a migrar especialmente hacia los países de alto ingreso. Efectivamente, el 81% del crecimiento de la migración en el periodo 2000-2015 se ubicó en los países de renta alta. De hecho, el cambio climático, los conflictos y la necesidad económica han provocado que la migración sea cada vez mayor. De ahí que, se espera que para 2050 aproximadamente 400 millones de personas se encuentren en esta situación (The International Commission on Financing Global Educational Opportunity, 2016).

En consecuencia, es evidente que la presencia de este signo negativo puede ser el resultado de distintas problemáticas que caracterizan a gran parte de los países que se incluyen en el grupo de economías de medio y bajo ingreso. De manera que, los reportes mencionados evidencian que, de no solucionarse estos problemas, esta será una situación repetitiva en este conjunto de países. Lo que a su vez impide un aprovechamiento óptimo de la educación en términos de crecimiento económico.

En cuanto a la digitalización, en el **Modelo 2** de la **Tabla 4.3** se observa que, durante el periodo de análisis, el Internet no parece promover el crecimiento de los países de alto ingreso. Este resultado puede resultar sorprendente ya que autores como Pohjola (2000) y Dewan y Kraemer (2000) recalcan que el desarrollo de la infraestructura en telecomunicaciones es maduro en estas economías. Por tanto, se esperaría tener un impacto positivo y significativo del Internet sobre el crecimiento, tal y como se evidencia en los estudios de Choi y Yi (2009), Sassi y Goaid (2013), Hayaloglu (2015), Donou-Adonsou et al. (2016), Chatterjee (2020), Vu (2011) y Jiménez et al. (2014). No obstante, como advierten los resultados del estudio de Meijers

(2014)⁴⁰ puede ser que el Internet incida en otros determinantes del crecimiento; y en consecuencia, impulse el crecimiento económico pero de manera indirecta.

Respecto a la no significancia del Internet sobre el crecimiento de las economías de alto ingreso, el análisis realizado en el presente estudio percibe dos resultados de importancia: (i) el efecto positivo y significativo de la variable BAND sobre el crecimiento de este grupo de países (como se dará a conocer más adelante) y, (ii) la presencia de una correlación relativamente alta entre INT y BAND (**véase Anexo E**). De modo que, se podría deducir que en estas economías el hecho de que una persona se suscriba a Internet no asegura que realice actividades productivas en términos de crecimiento económico, sino que, el Internet tiene efecto sobre el crecimiento solo si es utilizado por medio de la banda ancha fija.

De hecho, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2021) obtiene una única cifra por nivel de desarrollo a partir del indicador “Actividades realizadas por particulares a través de Internet”⁴¹, disponible para cada país en la base de datos de los Indicadores de las telecomunicaciones de la UIT. Así, para las economías consideradas desarrolladas, el indicador muestra que el 41,1% de las personas utilizan Internet con el objetivo de ver televisión web; el 61,2% lo utilizan para escuchar radio en línea; el 57,4% de usuarios realizan actividades de Streaming o descarga de videos, música, imágenes y juego de videos; y el 70,4% de las personas hacen uso del servicio con el fin de participar en redes sociales. De ahí que, es evidente que un usuario que se suscribe a Internet en estas economías no necesariamente adquiere el servicio para realizar actividades económicamente productivas. Por el contrario, las actividades económicamente más productivas como el análisis de macrodatos y el Internet de las cosas, requieren de una mayor capacidad y velocidad en el Internet, lo que es posible solo al contar con banda ancha fija (International Telecommunication Union, 2016).

Siguiendo con el conjunto de países de alto ingreso, al analizar el **Modelo 2** de la **Tabla 4.3** se observa que la variable suscripciones de telefonía celular móvil (CEL)

⁴⁰ Como se expuso en el **Capítulo 2**, Meijers (2014) concluyó que el Internet influye sobre el crecimiento económico por medio del comercio. El autor obtiene estos resultados al analizar por separado dos grupos de países: economías de renta alta y naciones que no pertenecen al grupo en mención.

⁴¹ La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo obtiene esta cifra a partir de la mediana de los valores medios correspondientes a los países que integran el grupo de interés. Se toma en cuenta solamente a las economías para las que se dispone de información durante el último año. Los años que se consideran se encuentran entre 2015 y 2019 (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2021).

presenta un impacto no lineal sobre el crecimiento económico. Específicamente, se encuentra evidencia de que la incidencia de la variable CEL sobre el crecimiento se rige por el denominado “efecto saturación”. De acuerdo con Datta y Agarwal (2004), Atkinson et al. (2009), Vu (2011), Czernich et al. (2011) y Albiman y Sulong (2016), este comportamiento se manifiesta debido a que el impacto de la infraestructura en TIC presenta rendimientos decrecientes sobre el crecimiento económico.

De esta manera, al realizar el análisis de la significancia conjunta de la variable CEL y CEL2, se concluye que estas son significantes a nivel conjunto dado que presentan un p-valor de 0,000. Por lo que, considerando el 1%, el 5% y el 10% de significancia, existe evidencia para rechazar la hipótesis nula de no significancia conjunta de las variables de interés. Asimismo, el signo negativo asociado al coeficiente de la variable cuadrática (CEL2) indica la presencia de rendimientos decrecientes.

En consecuencia, los resultados sugieren que la incidencia de las suscripciones a telefonía celular móvil sobre el crecimiento del PIB per cápita varía conforme aumentan las suscripciones. De manera que, cuando los países de alto ingreso no presentan ninguna suscripción a este servicio, la pendiente indica que el crecimiento del PIB per cápita se eleva en 0,25% ante el aumento de una suscripción adicional a telefonía celular móvil por cada 100 personas. Lo anterior se cumpliría si la pendiente continuara sin variar. No obstante, el término cuadrático señala que, ante cada suscripción adicional por cada 100 personas, la pendiente decrecerá en 0,0010%. De ahí que, este posible “efecto saturación” plantea que las suscripciones a telefonía celular móvil promueven un crecimiento económico que tiende a reducirse e incluso llega a un punto en el que se vuelve negativo. Este punto de inflexión se presenta cuando los países de alto ingreso alcanzan las 124,37 suscripciones por cada 100 personas.

Por último, en el **Modelo 2** de la **Tabla 4.3** se observa que las suscripciones a banda ancha fija resultan significativas y ejercen un efecto positivo sobre el crecimiento. Los resultados son consistentes con Koutroumpis (2009), Katz y Avila (2010), Czernich et al. (2011), Arvin y Pradhan (2014), Rohman y Bohlin (2012), Gruber et al. (2014), Hayaloglu (2015) y Castaldo et al. (2017) quienes concluyen que la difusión de esta tecnología impulsa el crecimiento económico aún tras incluir otras variables de control. De manera que, el signo obtenido concuerda con el signo esperado por la teoría económica. En cuanto a la interpretación, los resultados sugieren que, ante

el aumento de una suscripción a banda ancha fija por cada 100 personas, el crecimiento del PIB per cápita varía positivamente en 0,45%. Lo anterior indica que, para este grupo de países, la difusión de la banda ancha parece tener un rol trascendental que más allá de facilitar la comunicación incide en su crecimiento económico.

Respecto a la estimación referente a los países de medio y bajo ingreso, el **Modelo 2** de la **Tabla 4.4** evidencia que, de entre las TIC incluidas, tan solo la banda ancha fija influye sobre el crecimiento económico de estas economías. Aun así, el impacto de la banda ancha fija sobre el crecimiento es negativo. En general, la literatura referente al crecimiento económico advierte que en estos países existen algunos factores que impiden el aprovechamiento de los beneficios económicos derivados del uso de las TIC. Entre los factores en mención se encuentran: el bajo nivel educativo (Dewan y Kraemer, 2000; Pohjola, 2000; Chavula, 2013; Chatterjee, 2020); la falta de conciencia (Chatterjee, 2020), la lenta incorporación de los territorios a la digitalización (Chavula, 2013); la disposición de un stock de capital ordinario no preparado; la reducida inversión en infraestructura, automatización de modelos de negocio y capital humano; y, los procedimientos comerciales y políticas gubernamentales ineficientes (Dewan y Kraemer, 2000 ; Pohjola, 2000). De hecho, este problema se vuelve más preocupante a medida que el ingreso disminuye (Dewan y Kraemer ,2000; Pohjola, 2000; Chatterjee, 2020; Chavula, 2013).

Las investigaciones de Chatterjee (2020) y Chavula (2013) advierten sobre la no significancia del Internet en el crecimiento económico. Chatterjee (2020) atribuye este efecto a las falencias de educación en la población y la falta de conciencia. Por su parte, Chavula (2013), además del bajo nivel educativo, señala a la disposición de una infraestructura inadecuada, la reducida penetración del Internet, entre otros factores derivados de la incorporación tardía de los países a la digitalización.

En efecto, las cifras sustentan la baja penetración del Internet en los países de medio y bajo ingreso. Al respecto, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2017) expone que en 2016, la cifra de personas que usaron Internet fue del 40% en los países en desarrollo, del 16% en los países menos adelantados y del 80% en las economías de renta alta. Situación que resulta persistente en el tiempo. De hecho, se proyecta que aunque para 2025 el 70% de la población mundial tendrá acceso a Internet, solamente el 31% de los habitantes de los países

menos adelantados contarán con el servicio (International Telecommunication Union y United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization , 2020).

Por otro lado, la no significancia de las suscripciones a telefonía celular móvil es evidenciada por Chatterjee (2020), Yoon (2020) y Solomon y Van Klyton (2020). Lo que resulta sorprendente, pues, Gruber y Koutroumpis (2011), Andrianaivo y Kpodar (2011), Donou-Adonsou et al. (2016) y Chatterjee (2020) indican que la telefonía móvil ha experimentado un crecimiento de importancia desde inicios del nuevo milenio. Referente a esto, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2021) señala que entre 2005 y 2020 fueron las regiones que incluyen a gran parte de las economías en transición y las economías menos adelantadas las que evidenciaron un aumento más pronunciado de estas suscripciones. Las regiones a las que se hace referencia son África, los Estados Árabes, Asia y el Pacífico.

Por tal razón, frente a una penetración que crece continuamente, Chatterjee (2020) señala que la falta de conciencia, habilidades y conocimientos en el capital humano de estas economías, es la razón principal por la cual se vuelve difícil aprovechar productivamente la telefonía celular móvil. Asimismo, la posibilidad de que en algunos países aún se utilicen teléfonos plegables con baja sofisticación tecnológica estaría causando este efecto. Lo anterior aplica especialmente a las naciones más pobres (Yoon, 2020; Solomon y Van Klyton, 2020).

Finalmente, al considerar el 10% de significancia, la variable suscripciones a banda ancha fija resulta significativa a nivel individual. No obstante, el signo presentado es negativo, lo que no es esperado por la teoría económica. Aun así, la existencia de este posible efecto se abordó a lo largo de la discusión de la literatura realizada en el **Capítulo 2**. De esta manera, los resultados sugieren que en los países de medio y bajo ingreso ante un incremento de una suscripción por cada 100 personas a este tipo de tecnología, el crecimiento del PIB per cápita se ve afectado negativamente en 0,43%.

Según Aghion y Howitt (1998) una variable relacionada con la tecnología puede presentar un efecto negativo sobre el crecimiento debido a la potencial existencia de desempleo tecnológico a causa de la introducción de las TIC en una economía. Asimismo, considerando que, en el contexto del comercio internacional, el uso de este tipo de tecnologías puede beneficiar más a los países desarrollados. De acuerdo con Aghion y Howitt (1998), la competencia desigual entre los países producto del uso de

las TIC se convierten en un factor determinante en la presencia de este inusual efecto. En esta misma línea, Hayaloglu (2015) recalca que algunas características propias de una determinada tecnología son las que producen este efecto no esperado. Para, Hayaloglu (2015) una de las causas es la inflexibilidad relacionada al uso de una tecnología. Por otro lado, Andrianaivo y Kpodar (2011) exponen que es la baja penetración de una tecnología la que produce este efecto. De hecho, los autores advierten que el encontrar este resultado, puede significar la existencia de una posible trampa de pobreza relacionada a las bajas tasas de penetración.

Con respecto a la baja penetración de la banda ancha fija en las economías en desarrollo y países menos adelantados, las condiciones a las que se ofrece el servicio en estas naciones dificultan el acceso de su población al mismo. Así, en 2017 considerando precios en dólares PPA, el precio de un plan básico de banda ancha fija en las economías en desarrollo llegó a ser un 35% más costoso en referencia al precio al que se ofertó el mismo servicio en los países desarrollados. En tanto que, durante el mismo año, en los países menos adelantados el precio fue un 70% más caro (International Telecommunication Union, 2018). De hecho, en los países menos adelantados, fijar precios más elevados permite ofrecer el servicio como una versión premium. Esto implica que, en las economías menos adelantadas, el servicio solo es ofrecido a clientes comerciales. De ahí que, las familias optan por adquirir la banda ancha móvil. Práctica que es muy común en Uganda y República del Congo. Igualmente, en varias naciones, el plan básico ya incluye características típicas del servicio de banda ancha comercial; y en consecuencia, el servicio encarece (Organization for Economic Cooperation and Development y World Trade Organization, 2017).

Adicionalmente, se evidencian divergencias en cuanto a la calidad del servicio. De esta manera, gran parte de los países europeos ofrecen planes a velocidades de mínimo 2 Mbit/s. En efecto, en naciones como Rumania, Suecia, Irlanda, Malta, Bélgica y Lituania, la velocidades que se ofrecen son de 30 Mbit/s o superiores (International Telecommunication Union, 2016). En esta misma línea, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2021) asegura que en 2020 en las economías más avanzadas, este servicio contó con una velocidad promedio casi ocho veces superior a la que se dispone en las economías menos adelantadas. Por consiguiente, se percibe que las disparidades tecnológicas y de infraestructura como la disposición de fibra óptica se mantienen.

De todo lo anterior, es evidente que la penetración de la banda ancha fija en los países de ingreso medio y bajo es relativamente reducida en comparación a la incidencia que presenta la misma en las economías de renta alta. Así, en 2015 la región que en promedio presentó más suscripciones a banda ancha fija por cada 100 habitantes fue Europa con 29,2 suscripciones por cada 100 habitantes. Al contrario, durante este año, fue África la región que presentó la menor cifra con 0,5 suscripciones por cada 100 habitantes (International Telecommunication Union, 2016).

De la misma manera, es pertinente recalcar la relación existente entre las características del mercado laboral de estos países y la incidencia de las TIC sobre su crecimiento económico. Según el Banco Mundial (2019a), una problemática que ha trascendido en el tiempo es que en casi el 90% de las economías emergentes los dos tercios del empleo es informal. Es decir, son economías caracterizadas por empleos de baja productividad y con escaso acceso a la tecnología. En este marco, se vuelve evidente la dificultad de incorporar exitosamente tecnología en la producción.

Finalmente, los resultados expuestos en el **Modelo 2** de la **Tabla 4.3** indican que el crecimiento de los países de alto ingreso se ve influenciado positivamente por el comercio y negativamente por la inflación; en tanto que, la formación bruta de capital fijo no presenta significancia. Por otro lado, al analizar el **Modelo 2** de la **Tabla 4.4** se observa que de las variables de control solamente el comercio presenta significancia individual.

De esta manera, los resultados sugieren que ante un incremento del 1% de la participación del comercio con respecto al PIB en los países de alto ingreso, el crecimiento de su PIB per cápita evidencia un incremento de 0,08%. Por otro lado, frente al aumento en un 1% de la inflación, el crecimiento del PIB per cápita de estos países descenderá en 2,68%.

Por consiguiente, se identifica que los resultados respecto al comercio concuerdan con las investigaciones de Sassi y Goaid (2013), Meijers (2014), Donou-Adonsou et al.(2016) y Banday et al.(2021) quienes posicionan al comercio como uno de los principales determinantes del crecimiento. En cuanto a la inflación, los resultados son consistentes con los estudios de Stockman (1981), Kormendi y Meguire (1985), Barro (1991), De Gregorio (1992), Bullard y Keating (1995), Sassi y Goaid (2013), Meijers (2014), Donou-Adonsou et al. (2016), Amin et al. (2020) y Mouna et al. (2020).

Por otro lado, la insignificancia de la formación bruta de capital incluso al analizarse economías más avanzadas es evidenciada en el estudio de Habibi y Zabardast (2020).

Al referirse a los resultados del grupo de países de medio y bajo ingreso, la significancia individual de la variable comercio sugiere que ante una variación positiva del 1% de la participación del comercio en el PIB en los países de medio y bajo ingreso, el crecimiento del PIB per cápita de este grupo de países experimentará un aumento de 0,06%. Impacto positivo que concuerda con la literatura mencionada en el **Capítulo 2**.

De los resultados presentados, es evidente que el impacto del comercio sobre el PIB per cápita es mayor en los países de alto ingreso. Referente a esto, estudios como Kim y Lin (2009), Were (2015) y Kim (2011) plantean que mientras más desarrollada sea una economía, esta obtendrá beneficios cada vez mayores como resultado de la apertura comercial. Pues, las economías más avanzadas tienen una mayor capacidad para beneficiarse del uso de la tecnología. Por el contrario, una mayor apertura comercial en las economías menos avanzadas puede afectar a la inversión y la productividad (Kim y Lin , 2009; Kim, 2011). En cuanto a la no significancia de la formación bruta de capital en el crecimiento económico de los países renta media y baja, los resultados coinciden con los obtenidos por Onyinye et al. (2017), Yasmeen et al. (2021) y Habibi y Zabardast (2020). Para finalizar, la no significancia de la inflación también es planteada por Sidrauski (1967).

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

El presente estudio realizó un análisis comparativo de la incidencia de la educación y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el crecimiento económico de países que presentan distintos niveles de ingreso. El grupo de países de alto ingreso incluye 32 países durante el periodo 2010-2017; mientras que, el grupo de medio y bajo ingreso comprende 31 naciones (7 economías de bajo ingreso, 10 economías de ingreso medio bajo y 14 economías de ingreso medio alto) para el mismo periodo. En general, se observa que las características a nivel social, económico y político de cada grupo de países afectan la manera en que los factores de interés inciden sobre su crecimiento.

En cuanto a la educación, los resultados sugieren que mientras más desarrollada (o de mayor ingreso) es una economía, es necesario contar con una mayor formación académica para promover el crecimiento económico. Lo anterior, se debe al proceso de industrialización que atraviesan las economías, el cual requiere de un capital humano cada vez más especializado a medida que los países alcanzan la frontera tecnológica.

De ahí que, se evidencia que las economías que se incluyen en el grupo de países de medio y bajo ingreso todavía no han llegado a un punto en el cual necesiten de la educación terciaria para emprender actividades productivas en términos de crecimiento. Así, se sugiere que estas economías prioricen los niveles más básicos de educación. Posteriormente, analizando su evolución en el proceso de industrialización, se deberá dar relevancia a niveles de instrucción de mayor complejidad. Con este propósito, las economías de medio y bajo ingreso requieren de inversiones complementarias en infraestructura y tecnología. Por otro lado, las naciones de alto ingreso deben incentivar la educación terciaria. Pues, se encuentran en una etapa de la industrialización en la cual la educación superior es un componente fundamental de su crecimiento.

Asimismo, se identifica que el nivel secundario incide negativamente sobre el crecimiento de los países de medio y bajo ingreso. De acuerdo con el análisis realizado en los **Capítulos 2 y 4**, este efecto responde a la presencia de distintas problemáticas que impiden el aprovechamiento del capital humano correspondiente a este nivel de educación. De esta manera, se evidencia que en este grupo de países existe una crisis en el ámbito de la educación caracterizada por elevadas tasas de deserción académica y una empobrecida calidad de la educación. A esto debe sumarse otros factores como la

migración, la burocracia excesiva y una oferta incapaz de responder a la demanda de trabajo.

Al respecto, se puede deducir que los esfuerzos de los países de medio y bajo ingreso en garantizar una educación que promueva el crecimiento económico no están siendo efectivos. Ahora bien, considerando que los beneficios económicos derivados de la educación responden a un contexto político, social y económico, es clave formular políticas que respondan a dicho contexto. En esta línea, además de las reformas enteramente educativas, se deben emprender políticas a nivel social, institucional, laboral e incluso económico. Políticas que garanticen la promoción de una educación de calidad, aseguren la permanencia de los estudiantes en el sistema educativo y promuevan la producción de capital humano que se ajuste a la demanda de trabajo existente.

En cuanto a la digitalización, se identifica que las tecnologías influyen sobre el crecimiento económico de las naciones dependiendo de las características que estas presentan. De este modo, es evidente que existe un nexo entre la contribución de un tipo de tecnología y el nivel de ingreso de una economía.

Respecto a los países de alto ingreso, la banda ancha fija parece constituirse como una herramienta importante en la promoción del crecimiento económico. De hecho, el análisis realizado sugiere que las actividades más productivas en términos económicos son desarrolladas principalmente por medio de esta tecnología. Pues, se observa que, en estas economías los individuos no se suscriben a Internet necesariamente con el objetivo de emprender actividades que promuevan el crecimiento económico. Por tanto, se sugiere que estos países continúen incentivando el uso de banda ancha fija. Por lo que concierne a la telefonía celular móvil, se encuentra evidencia de la presencia del denominado efecto saturación.

Por otro lado, en los países de medio y bajo ingreso, ni el Internet ni la telefonía móvil potencian el crecimiento económico. Efecto que según la literatura (**véase Capítulo 2**) se presenta debido a factores relacionados con las falencias en cuanto a capital humano e infraestructura, procesos comerciales ineficientes, una tardía introducción a la digitalización, etc. Acerca de la banda ancha fija, esta influye negativamente sobre el crecimiento. Lo que, nuevamente, se asocia a problemáticas relacionadas con las economías menos desarrolladas como las bajas tasas de

penetración, el desempleo tecnológico, una competencia injusta en el contexto del comercio internacional y ciertas características que presentan las tecnologías (**véase Capítulo 2**). De hecho, el análisis implementado en el **Capítulo 4**, evidencia que este inusual efecto podría deberse a los precios elevados, la mala calidad del servicio y otros impedimentos impuestos por la oferta. Cabe recalcar que en estos países el empleo informal presenta una gran incidencia, lo que dificulta la introducción de tecnología en la producción.

Por tanto, los países de medio y bajo ingreso deben enfocarse en mejorar la calidad de los servicios tecnológicos y volverlos más asequibles. Asimismo, es pertinente realizar inversiones en infraestructura y capital humano, además de incentivar el uso de las TIC en actividades económicamente productivas. Igualmente, con el fin de evitar desperdiciar recursos, la planificación de estrategias enfocadas en la adopción de TIC debe considerar el nivel de incorporación de una economía a la digitalización. Finalmente, con la creación de empleos formales, es más probable impulsar el uso de tecnologías que de ser aprovechadas eficientemente impulsen el crecimiento.

Adicionalmente, se identifica un impacto positivo y significativo del comercio sobre el crecimiento económico de ambos grupos de países. Sin embargo, su incidencia es mayor para las economías de alto ingreso. Por consiguiente, los países de medio y bajo ingreso deben crear un ambiente propicio que les permita adaptar de manera exitosa la tecnología en la producción e implementar políticas sobre apertura comercial que reduzcan gradualmente la brecha identificada. Por otro lado, el efecto negativo de la inflación sobre el crecimiento de los países de alto ingreso, indica que en estas economías es importante establecer estrategias que controlen los niveles de inflación.

Todo lo anterior, evidencia la importancia de considerar la fase de desarrollo de una nación al momento de implementar políticas que promuevan el crecimiento económico. Pues, en general, las economías de alto ingreso deben implementar políticas para reforzar el beneficio que ya obtienen tanto de la digitalización como de la educación. Respecto a las economías de renta media y baja, las políticas a ejecutarse deben crear un contexto apropiado que permita que el crecimiento económico de estos países se beneficie a partir de la educación y la digitalización. Aun así, el obtener resultados requiere de un esfuerzo persistente.

CAPÍTULO 6

LIMITACIONES Y PISTAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA

Una de las aplicaciones del método generalizado de momentos es su implementación en modelos dinámicos de datos de panel. Si bien este análisis es tentador, este estudio no lo implementó dado que se necesita de una mayor cantidad de datos para realizar este tipo de modelos. Pues, los resultados de algunas pruebas de validación son sensibles al tamaño de las unidades de corte transversal (Roodman, 2009).

También relacionada a la disponibilidad restringida de datos, se incluyó en una sola población objetivo a los países de medio alto, medio bajo y bajo ingreso. No obstante, al desagregar este grupo, los resultados podrían cambiar. Por ejemplo, Lee y Kim (2009) encuentran que la educación terciaria también influye positivamente sobre el crecimiento económico de los países de ingreso medio alto. De igual manera, Chavula (2013) evidencia que sus resultados cambian al clasificar a los países en economías de medio alto, medio bajo y bajo ingreso. De manera que, un análisis más desagregado podría aportar más información sobre el impacto de la digitalización y la educación en el crecimiento económico de los distintos grupos de países.

Otra limitación es haber considerado un instrumento débil y no relevante para la variable inflación en el modelo de medio y bajo ingreso. Si bien Temple (1999) mencionó que una alternativa válida es utilizar como instrumento de una variable los retardos de la misma, otros autores señalan que en ocasiones esta práctica no es la mejor. Al respecto, Durlauf et al. (2005) expresan que los valores rezagados de una variable aún pueden correlacionarse con el término de error, además de evidenciar sesgo a causa de la debilidad de los instrumentos. Por tanto, como ya se expresó, las conclusiones expuestas en el presente estudio sobre el modelo de medio y bajo ingreso deben ser interpretadas con cuidado. Esto frente a la posibilidad de que al contar con un mejor instrumento los resultados expongan la condición de endogeneidad de la variable INF. En consecuencia, de disponerse de un mejor instrumento, se recomienda tomarlo en cuenta para el análisis y tratamiento de esta variable.

En tanto al análisis realizado, a continuación, varios puntos de interés son identificados como posibles temas de extensión a este estudio:

Considerando que la educación terciaria resultó significativa al momento de promover el crecimiento económico de los países de alto ingreso, sería interesante

investigar si niveles superiores de educación como las maestrías o los posgrados influyen sobre el crecimiento de estas economías. De ser así, estudiar este efecto aportaría más información al entendimiento del rol que cumple la educación sobre el crecimiento económico de los países de renta alta.

Por otro lado, la revisión de la literatura y estadísticas publicadas en distintos informes de organizaciones oficiales (**revisar Capítulos 2 y 4**), evidencian una relación entre el contexto social, económico e incluso político de un país y las variables de interés. Por consiguiente, conocer que tan relacionados se encuentran estos factores y la manera en que unos inciden sobre los otros podría encaminar a las autoridades (especialmente de los países de medio y bajo ingreso) a implementar políticas más acertadas en la consecución de un mejor aprovechamiento del capital humano y las TIC.

Finalmente, tomando en cuenta la relevancia que han tenido la educación y la digitalización en el contexto mundial tras la crisis causada por el COVID-19, se podría implementar nuevamente esta investigación considerando el periodo durante y posterior a la crisis. De manera que, los resultados obtenidos puedan evidenciar la sensibilidad del sistema educativo y la adaptación de TIC ante sucesos fortuitos. Análisis que resulta interesante, especialmente en las economías menos avanzadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abadzi, H. (2014). How to Improve Schooling Outcomes in Low-Income Countries? The Challenges and Hopes of Cognitive Neuroscience. *Peabody Journal of Education*, 89(1), 58–69. <https://doi.org/10.1080/0161956X.2014.862472>
- Acemoglu, D., Aghion, P., y Zilibotti, F. (2006). Distance to frontier, selection and economic growth. *Journal of the European Economic Association*, 4(1), 37–74. <https://doi.org/10.1162/jeea.2006.4.1.37>
- Adhikary, B. K. (2015). Dynamic Effects of FDI, Trade Openness, Capital Formation and Human Capital on the Economic Growth Rate in the Least Developed Economies: Evidence from Nepal. *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.7763/IJTEF.2015.V6.432>
- Agénor, P. R. (2016). Caught in the middle ? The economic of middle-income traps. *Journal of Economics Surveys*, 31(3), 771–791. <https://doi.org/10.1111/joes.12175>
- Agénor, P. R., y Alpaslan, B. (2018). Infrastructure and Industrial Development with Endogenous Skill Acquisition. *Bulletin of Economic Research*, 70(4), 313–334. <https://doi.org/10.1111/boer.12166>
- Agénor, P. R., y Dinh, H. T. (2013). Public Policy and Industrial Transformation in the Process of Development. In *World Bank Policy Research Working Paper (WPS 6405; Policy Research Working Paper, Issue April)*. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2248475
- Aghion, P., y Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory* (P. Aghion & P. Howitt (eds.)). MIT Press.
- Alam, K. J., y Sumon, K. K. (2020). Causal Relationship Between Trade Openness and Economic Growth: a Panel Data Analysis of Asian Countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 10(1), 118–126. <https://doi.org/10.32479/ijefi.8657>
- Albiman, M. M., y Sulong, Z. (2016). The role of ICT use to the economic growth in Sub Saharan African region (SSA). *Journal of Science and Technology Policy Management*, 7(3), 306–329. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-06-2016-0010>
- Amin, A., Liu, Y., Yu, Y., Chandio, A. A., Rasool, S. F., Luo, J., y Zaman, S. (2020).

- How does energy poverty affect economic development? A panel data analysis of South Asian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(25), 31623–31635. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09173-6>
- Andrianaivo, M., y Kpodar, K. (2011). *ICT , Financial Inclusion , and Growth : Evidence from African Countries* (No. 73; IMF Working Paper). <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2011/wp1173.pdf>
- Antonakis, J., Bendahan, S., Jacquart, P., y Lalive, R. (2010). On making causal claims: A review and recommendations. *The Leadership Quarterly*, 21(6), 1086–1120. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2010.10.010>
- Arellano, M., y Bond, S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *Review of Economic Studies*, 58(2), 277–297. <https://doi.org/10.2307/2297968>
- Arellano, M., y Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29–51. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01642-D](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D)
- Argemí de Abadal, L., Casares Ripol, Javier Fernández Delgado, Rogelio Gallego Abaroa, E., Galindo Martín, Miguel-Ángel Martín Martín, Victoriano Méndez Ibisate, F., De la Nuez Sánchez-Casado, P., Ramos Gorostiza, J. L., Reeder, J., Rosado Cubero, A., San Emeterio Martín, N., y Trincado Aznar, E. (2004). *Historia del Pensamiento Económico* (L. Perdices de Blas (ed.)). Editorial Síntesis S.A.
- Arias, I. (2020). *Transformación digital que no deje a nadie atrás*. Puntos Sobre La i, Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/transformacion-digital-que-no-deje-a-nadie-atras/>
- Arvin, B. M., y Pradhan, R. P. (2014). Broadband penetration and economic growth nexus : evidence from cross-country panel data. *Applied Economics*, 46(35), 4360–4369. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.957444>
- Atkinson, R. D., Castro, D., y Ezell, S. J. (2009). *The Digital Road to Recovery: A Stimulus Plan to Create Jobs, Boost Productivity and Revitalize America*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1334688>

- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (John Wiley & Sons Ltd (ed.); 3rd ed., Vol. 148). John Wiley & Sons Ltd.
- Banco Mundial. (2018a). *Indicadores del Desarrollo Mundial*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Banco Mundial. (2018b). *Nueva clasificación de los países según el nivel de ingreso para el periodo 2018-19*. Banco Mundial Blogs. <https://blogs.worldbank.org/es/opendata/nueva-clasificacion-de-los-paises-segun-el-nivel-de-ingreso-para-el-periodo-2018-19>
- Banco Mundial. (2019a). Informe sobre el Desarrollo Mundial: La naturaleza cambiante del trabajo. In *Informe sobre el Desarrollo Mundial: La naturaleza cambiante del trabajo*. Grupo Banco Mundial. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/767331554985479543/main-report>
- Banco Mundial. (2019b). *La crisis del aprendizaje: Estar en la escuela no es lo mismo que aprender*. La Crisis Del Aprendizaje: Estar En La Escuela No Es Lo Mismo Que Aprender. https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2019/01/22/pass-or-fail-how-can-the-world-do-its-homework?fbclid=IwAR16_8G12URvaHRwSzk2X050DJlJnvtsmnBrIdkuqRoFclC2bZwzYtXYjQ
- Banco Mundial. (2021). *Informe anual 2021*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36067>
- Banday, U. J., Murugan, S., y Maryam, J. (2021). Foreign direct investment , trade openness and economic growth in BRICS countries : evidences from panel data. *Transnational Corporations Review*, 13(2), 211–221. <https://doi.org/10.1080/19186444.2020.1851162>
- Barro, R. J. (1991). Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407–443. <https://doi.org/10.2307/2937943>
- Barro, R., y Lee, J.-W. (1994). Sources of economic growth. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 40, 1–46. [https://doi.org/10.1016/0167-2231\(94\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0167-2231(94)90002-7)

- Baum, C. F., Schaffer, M., y Stillman, S. (2007). Enhanced routines for instrumental variables/generalized method of moments estimation and testing. *The Stata Journal*, 7(4), 465–506. <https://doi.org/10.1177/1536867X0800700402>
- Bbaale, E., y Mutenyoo, J. (2011). Export Composition and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: A Panel Analysis. *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, 6(1), 1–19. <https://www.jstor.org/stable/26167814>
- Becker, G. S. (1992). Human Capital and the Economy. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 136(1), 85–92. <https://www.jstor.org/stable/986801>
- Belsley, D. A., Kuh, E., y Welsch, R. E. (1980). *Regression Diagnostics Identifying Influential Data and Sources of Collinearity* (D. J. Balding, N. A. C. Cressie, N. I. Fisher, I. M. Johnstone, J. B. Kadane, G. Molenberghs, L. M. Ryan, D. W. Scott, A. F. M. Smith, J. L. Teugels, V. Barnett, J. S. Hunter, & D. G. Kendall (eds.)). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471725153>
- Benhabib, J., y Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development: Evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary Economics*, 34(2), 143–173. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(94\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(94)90047-7)
- Billon, M., Crespo, J., y Lera-López, F. (2017). Internet, Educational Disparities, and Economic Growth: Differences Between Low-Middle and High-Income Countries. In H. Kaur, E. Lechman, & A. Marszk (Eds.), *Catalyzing Development through ICT Adoption* (pp. 51–68). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56523-1_5
- Blanchard, O., Amighini, A., y Giavazzi, F. (2012). *Macroeconomía* (A. Cañizal & M. Varela (eds.); 5ta ed.). Pearson Educación, S.A.
- Blundell, R., y Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115–143. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8)
- Bodman, P., y Le, T. (2013). Assessing the roles that absorptive capacity and economic distance play in the foreign direct investment-productivity growth nexus. *Applied Economics*, 45(8), 1027–1039. <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.613789>
- Bouras, C., Giannaka, E., y Tsiatsos, T. (2009). Identifying best practices for supporting

- broadband growth : Methodology and analysis. *Journal of Network and Computer Applications*, 32(4), 795–807. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2009.02.003>
- Brainard, W. C., y Tobin, J. (1968). Pitfalls in Financial Model-Building. *American Economic Review*, 58(2), 99–122. <https://www.jstor.org/stable/1831802>
- Brue, S. L., y Grant, R. R. (2013). *The Evolution of Economic Thought* (Cengage Learning (ed.); 8th ed.). South Western.
- Bullard, J., y Keating, J. W. (1995). The long-run relationship between inflation and output in postwar economies. *Journal of Monetary Economics*, 36(3), 477–496. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(95\)01227-3](https://doi.org/10.1016/0304-3932(95)01227-3)
- Cameron, A. C., y Trivedi, P. K. (2009). *Microeconometrics Using Stata* (Stata Press (ed.); Revised). Stata Press.
- Canale, R. P., y Chapra, S. C. (2010). *Numerical Methods for Engineers* (D. B. Hash & L. K. Buczek (eds.); 6th ed.). McGraw-Hill.
- Cardona, M., Kretschmer, T., y Strobel, T. (2013). ICT and productivity: Conclusions from the empirical literature. *Information Economics and Policy*, 25(3), 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2012.12.002>
- Caselli, F., Esquivel, G., Lefort, F., Journal, S., y Sep, N. (1996). Reopening the Convergence Debate : A New Look at Cross-Country Growth Empirics. *Journal of Economic Growth*, 1(3), 363–389. <https://www.jstor.org/stable/40215922>
- Castaldo, A., Fiorini, A., y Maggi, B. (2017). Measuring (in a time of crisis) the impact of broadband connections on economic growth: an OECD panel analysis. *Applied Economics*, 50(8), 838–854. <https://doi.org/10.1080/00036846.2017.1343448>
- Chatterjee, A. (2020). Financial inclusion, information and communication technology diffusion, and economic growth: a panel data analysis. *Information Technology for Development*, 26(3), 607–635. <https://doi.org/10.1080/02681102.2020.1734770>
- Chavula, H. K. (2013). Telecommunications development and economic growth in Africa. *Information Technology for Development*, 19(1), 5–23. <https://doi.org/10.1080/02681102.2012.694794>
- Chen, B., y Feng, Y. (1996). Some political determinants of economic growth: Theory

- and empirical implications. *European Journal of Political Economy*, 12(4), 609–627. [https://doi.org/10.1016/S0176-2680\(96\)00019-5](https://doi.org/10.1016/S0176-2680(96)00019-5)
- Cherif, R., y Hasanov, F. (2019). The Leap of the Tiger: Escaping the Middle-income Trap to the Technological Frontier. *Global Policy*, 1–15. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12695>
- Choi, C., y Yi, M. H. (2009). The effect of the Internet on economic growth : Evidence from cross-country panel data. *Economics Letters*, 105(1), 39–41. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2009.03.028>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe* (CEPAL (ed.)). Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44674/221/S1900414_es.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19. In *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45938/S2000550_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2017). Informe sobre la economía de la información 2017. In *Naciones Unidas*. Naciones Unidas. https://unctad.org/es/system/files/official-document/ier2017_es.pdf
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2021). *Informe sobre la economía digital 2021- Flujos de datos transfronterizos y desarrollo: Para quién fluyen los datos* (M. Gibson (ed.)). Naciones Unidas. https://unctad.org/system/files/official-document/der2021_es_0.pdf
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., y Woessmann, L. (2011). Broadband Infrastructure and Economic Growth. *The Economic Journal*, 121(552), 505–532. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2011.02420.x>
- Dakhli, M., y De Clercq, D. (2004). Human capital, social capital, and innovation: A multi-country study. *Entrepreneurship and Regional Development: An International Journal*, 16(2), 107–128. <https://doi.org/10.1080/08985620410001677835>

- Datta, A., y Agarwal, S. (2004). Telecommunications and economic growth: A panel data approach. *Applied Economics*, 36(15), 1649–1654. <https://doi.org/10.1080/0003684042000218552>
- Davidson, R., y MacKinnon, J. G. (1993). Estimation and Inference in Econometrics. In *Oxford University Press* (1st ed.). Oxford University Press.
- De Gregorio, J. (1992). The effects of inflation on economic growth: Lessons from Latin America. *European Economic Review*, 36(2–3), 417–425. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(92\)90098-h](https://doi.org/10.1016/0014-2921(92)90098-h)
- De Hoyos, R. E., y Sarafidis, V. (2006). Testing for cross-sectional dependence in panel-data models. *The Stata Journal*, 6(4), 482–496. <https://doi.org/10.1177/1536867x0600600403>
- Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E., y Magné, B. (2017). Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change*, 42, 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.004>
- Dewan, S., y Kraemer, K. L. (2000). Information Technology and Productivity: Evidence from Country-Level Data. *Management Science*, 46(4), 548–562. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.4.548.12057>
- Donou-Adonsou, F., Lim, S., y Mathey, S. A. (2016). Technological Progress and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: Evidence from Telecommunications Infrastructure. *International Advances in Economic Research*, 22(1), 65–75. <https://doi.org/10.1007/s11294-015-9559-3>
- Durlauf, S. N., Johnson, P. A., y Temple, J. R. W. (2005). GROWTH ECONOMETRICS. In P. Aghion & S. N. Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (1st ed., Vol. 1A, pp. 555–677). Elsevier Science. [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01008-7](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01008-7)
- Economic Commission for Latin American and the Caribbean. (2021). *Digital technologies for a new future*. United Nations. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46817/S2000960_en.pdf
- Enríquez, I. (2016). Las teorías del crecimiento económico: notas críticas para incursionar en un debate inconcluso. *Revista Latinoamericana de Desarrollo*

Económico, 25, 73–125. <https://doi.org/10.35319/lajed.20162564>

Farhadi, M., Ismail, R., y Fooladi, M. (2012). Information and Communication Technology Use and Economic Growth. *PLoS ONE*, 7(11), e48903. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048903>

Fetahi-vehapi, M., Sadiku, L., y Petkovski, M. (2015). Empirical Analysis of the Effects of Trade Openness on Economic Growth : An Evidence for South East European Countries. *Procedia Economics and Finance*, 19, 17–26. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00004-0)

Foley, D. K. (2000). Recent Developments in the Labor Theory of Value. *Review of Radical Political Economics*, 32(1), 1–39. [https://doi.org/10.1016/s0486-6134\(00\)88759-8](https://doi.org/10.1016/s0486-6134(00)88759-8)

FundéuRAE. (2022). *Las TIC, mejor que las TICs o las TICS*. Las TIC, Mejor Que Las TICs o Las TICS. <https://www.fundeu.es/recomendacion/las-tic-mejor-que-las-tics-o-las-tics/>

Gelb, A., Knight, J. B., y Sabot, R. H. (1991). Public Sector Employment, Rent Seeking and Economic Growth. *The Economic Journal*, 101(408), 1186–1199. <https://doi.org/10.2307/2234435>

Giannini, S., y Brandolino, J. (2020). *La educación es el fundamento de una sociedad más justa en el mundo de después de la pandemia de COVID-19*. UNESCO. <https://es.unesco.org/news/educacion-es-fundamento-sociedad-mas-justa-mundo-despues-pandemia-covid-19>

Gómez García, J., Palarea Albaladejo, J., y Martín Fernández, J. A. (2006). Métodos de inferencia estadística con datos faltantes. Estudio de simulación sobre los efectos en las estimaciones. *Estadística Española*, 48(162), 241–270. https://www.ine.es/art/ree/162_2.pdf

Greene, W. H. (2002). *Econometric Analysis* (Prentice Hall (ed.); 5th ed.). Prentice Hall.

Gruber, H., Hätönen, J., y Koutroumpis, P. (2014). Broadband access in the EU: An assessment of future economic benefits. *Telecommunications Policy*, 38(11), 1046–1058. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.06.007>

- Gruber, H., y Koutroumpis, P. (2011). Mobile telecommunications and the impact on economic development. *Economic Policy*, 26(67), 389–426. <http://www.jstor.org/stable/41261993>
- Gujarati, D., y Porter, D. (2010). *Econometría* (5ta ed.). McGraw-Hill/Irwin, Inc.
- Gyimah-Brempong, K., Paddison, O., y Mitiku, W. (2006). Higher education and economic growth in Africa. *Journal of Development Studies*, 42(3), 509–529. <https://doi.org/10.1080/00220380600576490>
- Habibi, F., y Zabardast, M. A. (2020). Digitalization, education and economic growth: A comparative analysis of Middle East and OECD countries. *Technology in Society*, 63, 101370. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101370>
- Hall, A. R. (2007). Generalized Method of Moments. In B. H. Baltagi (Ed.), *A Companion to Theoretical Econometrics* (1st ed., pp. 230–255). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470996249.ch12>
- Hansen, L. P. (1982). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029–1054. <https://doi.org/10.2307/1912775>
- Hansen, L. P. (2008). The New Palgrave Dictionary of Economics. In S. N. Durlauf & L. E. Blume (Eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics* (2nd ed., pp. 1–10). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/978-1-349-95121-5_2486-1
- Hanushek, E. A., y Woessmann, L. (2008). The Role of Cognitive Skills in Economic Development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607–668. <https://doi.org/10.1257/jel.46.3.607>
- Hayaloglu, P. (2015). The impact of developments in the logistics sector on economic growth: The case of OECD countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 5(2), 523–530. https://www.researchgate.net/publication/282936706_The_Impact_of_Developments_in_the_Logistics_Sector_on_Economic_Growth_The_Case_of_OECD_Countries
- Hayat, M. A., y Sarwar, A. (2021). A nexus among institutions , education and economic growth : An analysis of developing countries. *Asian Economic and Financial Review*, 11(1), 30–42.

<https://doi.org/10.18488/journal.aefr.2021.111.30.42>

Herrendorf, B., Rogerson, R., y Valentinyi, Á. (2014). Growth and Structural Transformation. In A. Philippe & D. Steven N (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (1st ed., Vol. 2, pp. 855–941). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53540-5.00006-9>

Howitt, P. (2010). Endogenous Growth Theory. In S. N. Durlauf & L. E. Blume (Eds.), *Economic Growth* (1st ed., Vol. 2010, Issue 1, pp. 68–73). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9780230280823_10

International Telecommunication Union, y United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2020). The State of Broadband 2020: Tackling digital inequalities: A decade for action. In R. Lorica (Ed.), *The State of Broadband 2020: Tackling digital inequalities - A decade for action*. International Telecommunication Union and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://www.itu.int/en/myitu/Publications/2020/09/18/07/52/The-State-of-Broadband-2020>

International Telecommunication Union. (2016). Measuring the Information Society Report 2016. In International Telecommunication Union (Ed.), *International Telecommunication Union*. International Telecommunication Union. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2016/MISR2016-w4.pdf>

International Telecommunication Union. (2018). *Measuring the Information Society Report 2018* (M. Gibson (ed.); Vol. 1). International Telecommunication Union. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2018/MISR-2018-Vol-1-E.pdf>

International Telecommunication Union. (2020a). How broadband, digitization and ICT regulation impact the Global Economy. In *ITU Publications*. https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF.BDR-2020-PDF-E.pdf

International Telecommunication Union. (2020b). Measuring digital development. Facts and figures 2020. In *ITU Publications*. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2020.pdf>

Jensen, R. (2007). The Digital Divide: Information (Technology), Market

- Performance, and Welfare in the South Indian Fisheries Sector. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(3), 879–924. <https://www.jstor.org/stable/25098864>
- Jhingan, M. L. (2011). *THE ECONOMICS OF DEVELOPMENT AND PLANNING* (Vrinda Publications (ed.); 40th ed.). Vrinda Publications.
- Jiménez, M., Matus, J. A., y Martínez, M. A. (2014). Economic growth as a function of human capital, internet and work. *Applied Economics*, 46(26), 3202–3210. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.925079>
- Junninen, H., Niska, H., Tuppurainen, K., Ruuskanen, J., y Kolehmainen, M. (2004). Methods for imputation of missing values in air quality data sets. *Atmospheric Environment*, 38(18), 2895–2907. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.02.026>
- Justman, M., y Teubal, M. (1991). A Structuralist Perspective on the Role of Technology in Economic Growth and Development. *World Development*, 19(9), 1167–1183. [https://doi.org/10.1016/0305-750x\(91\)90065-p](https://doi.org/10.1016/0305-750x(91)90065-p)
- Katz, R., y Avila, J. (2010). The impact of broadband policy on the economy. *Proceedings of the 4th ACORN-REDECOM Conference Brasilia May 14-15, 2010*, 22. <http://www.acorn-redecom.org/papers/acornredecom2010katz.pdf>
- Keller, K. R. I. (2006). Investment in primary , secondary , and higher education and effects on economic growth. *Contemporary Economic Policy*, 24(1), 18–34. <https://doi.org/10.1093/cep/byj012>
- Kiersztyn, A. (2013). Stuck in a mismatch? The persistence of overeducation during twenty years of the post-communist transition in Poland. *Economics of Education Review*, 32, 78–91. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2012.09.009>
- Kim, D.-H. (2011). Trade , growth and income. *The Journal of International Trade & Economic Development: An International and Comparative Review*, 20(5), 677–709. <https://doi.org/10.1080/09638199.2011.538966>
- Kim, D.-H., y Lin, S.-C. (2009). Trade and Growth at Different Stages of Economic Development. *The Journal of Development Studies*, 45(8), 1211–1224. <https://doi.org/10.1080/00220380902862937>
- Kormendi, R. C., y Meguire, P. G. (1985). Macroeconomic determinants of growth: Cross-country evidence. *Journal of Monetary Economics*, 16(2), 141–163.

[https://doi.org/10.1016/0304-3932\(85\)90027-3](https://doi.org/10.1016/0304-3932(85)90027-3)

- Koutroumpis, P. (2009). The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach. *Telecommunications Policy*, 33(9), 471–485. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.07.004>
- Kurz, H. D. (2018). Elements of a Science of Power: Hobbes, Smith and Ricardo. In Manuela Mosca (Ed.), *Power in Economic Thought* (pp. 109–142). Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94039-7>
- Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J., y Li, W. (2004). Applied Linear Statistical Models. In McGraw-Hill Higher Education (Ed.), *Journal of Quality Technology* (5th ed., Vol. 29). McGraw-Hill/Irwin.
- Kuznets, S. (1973). Modern Economic Growth: Findings and Reflections. *The American Economic Review*, 63(3), 247–258. <https://www.jstor.org/stable/1914358>
- Lainé, M. (2014). Do animal spirits rely on somatic markers? Keynes in light of neuroscience. *Journal of Post Keynesian Economics*, 36(3), 439–466. <https://doi.org/10.2753/PKE0160-3477360303>
- Lam, P. L., y Shiu, A. (2010). Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: Evidence around the world. *Telecommunications Policy*, 34(4), 185–199. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.12.001>
- Landreth, H., y Colander, D. C. (2006). *Historia del Pensamiento Económico* (McGraw-Hill Interamericana (ed.); 4ta ed.). GAAP Editorial S. L.
- Langelett, G. (2002). Human Capital: A Summary of the 20th Century Research. *Journal of Education Finance*, 28(1), 1–23. <http://www.jstor.org/stable/40704155>
- Lee, K., y Kim, B. Y. (2009). Both Institutions and Policies Matter but Differently for Different Income Groups of Countries: Determinants of Long-Run Economic Growth Revisited. *World Development*, 37(3), 533–549. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.07.004>
- Lehr, W. H., Osorio, C. A., Gillett, S. E., y Sirbu, M. A. (2006). *Measuring broadband's economic impact* (ESD-WP-2006-02). <http://hdl.handle.net/1721.1/102779>

- Levine, R., y Renelt, D. (1992). A sensitivity analysis of cross-country growth regressions. *The American Economic Review*, 82(4), 942–963. <https://www.jstor.org/stable/2117352>
- Li, C. (2013). Little's test of missing completely at random. *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata*, 13(4), 795–809. <https://doi.org/10.1177/1536867X1301300407>
- Little, R. J. A. (1988). A Test of Missing Completely at Random for Multivariate Data with Missing Values. *Journal of the American Statistical Association*, 83(404), 1198–1202. <https://doi.org/10.2307/2290157>
- Lopez-Calva, L. F., y Patrinos, H. A. (2015). Exploring the Differential Impact of Public Interventions on Indigenous People: Lessons from Mexico's Conditional Cash Transfer Program. *Journal of Development and Capabilities*, 16(3), 452–467. <https://doi.org/10.1080/19452829.2015.1072378>
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Lynch, S. M., y Brown, J. S. (2011). Stratification and Inequality Over the Life Course. In L. K. George & R. H. Binstock (Eds.), *Handbook of Aging and the Social Sciences* (7th ed., pp. 105–117). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-380880-6.00008-3>
- Madsen, J. B., Islam, M. R., y Ang, J. B. (2010). Catching up to the technology frontier: the dichotomy between innovation and imitation. *The Canadian Journal of Economics*, 43(4), 1389–1411. <http://www.jstor.org/stable/40925281>
- Mankiw, G. (2014). *Macroeconomía* (Antoni Bosch editor (ed.); 8va ed.). Novoprint.
- Mankiw, G., Romer, D., y Weil, D. (1992). A contribution to the empirics of welfare growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407–437. <https://doi.org/10.2307/2118477>
- Mariana, D. R. (2015). Education as a Determinant of the Economic Growth. The Case of Romania. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 404–412. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.156>
- Matyas, L. (1999). *Generalized Method of Moments Estimation* (L. Matyas (ed.); 1st

- ed.). Cambridge University Press.
- McMahon, W. W. (1998). Education and Growth in East Asia. *Economics of Education Review*, 17(2), 159–172. [https://doi.org/10.1016/s0272-7757\(97\)00050-2](https://doi.org/10.1016/s0272-7757(97)00050-2)
- Medina, F., y Galván, M. (2007). Imputación de datos: Teoría y práctica. In F. Medina & M. Galván (Eds.), *Serie Estudios Estadísticos y Prospectivos* (No. 54; Estudios Estadísticos y Prospectivos). Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4755/1/S0700590_es.pdf
- Mehmood, B., y Azim, P. (2013). Does ICT Participate in Economic Convergence among Asian Countries: Evidence from Dynamic Panel Data Model. *Informatica Economica*, 17(2), 7–16. <https://doi.org/10.12948/issn14531305/17.2.2013.01>
- Meijers, H. (2014). Does the internet generate economic growth, international trade, or both? *International Economics and Economic Policy*, 11(1), 137–163. <https://doi.org/10.1007/s10368-013-0251-x>
- Mincer, J. (1984). Human Capital and Economic Growth. *Economics of Education Review*, 3(3), 195–205. [https://doi.org/10.1016/0272-7757\(84\)90032-3](https://doi.org/10.1016/0272-7757(84)90032-3)
- Mouna, A., Nedra, B., y Khaireddine, M. (2020). International comparative evidence of e-government success and economic growth: technology adoption as an anti-corruption tool. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 14(5), 713–736. <https://doi.org/10.1108/TG-03-2020-0040>
- Murphy, K. M., Shleifer, A., y Vishny, R. W. (1991). The Allocation of Talent: Implications for Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 503–530. <https://doi.org/10.2307/2937945>
- Naciones Unidas. (2019). Informe sobre la economía digital 2019 (Panorama General)- Creación y captura de valor: Repercusiones para los países en desarrollo. In Naciones Unidas. https://unctad.org/es/system/files/official-document/der2019_overview_es.pdf
- Nayan, S., Kadir, N., Ahmad, M., y Abdullah, M. S. (2013). Revisiting Energy Consumption and GDP: Evidence from Dynamic Panel Data Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 7, 42–47. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(13\)00216-5](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(13)00216-5)
- Nelson, R. R., y Phelps, E. S. (1966). Investment in Humans , Technological Diffusion ,

- and Economic Growth. *The American Economic Review*, 56(1/2), 69–75.
<http://www.jstor.org/stable/1821269>
- Newey, W. K. (2007). *Generalized Method of Moments*. MIT Open Course Ware.
https://ocw.mit.edu/courses/14-385-nonlinear-econometric-analysis-fall-2007/2d9ba545c27ee6942947ed6911e333ee_notes_gmm.pdf
- Ng, T. H., Lye, C. T., y Lim, Y. S. (2013). Broadband penetration and economic growth in ASEAN countries: A generalized method of moments approach. *Applied Economics Letters*, 20(9), 857–862.
<https://doi.org/10.1080/13504851.2012.754538>
- Ogaki, M. (1993). Generalized Method of Moments: Econometric Applications. *Handbook of Statistics*, 11, 455–488. [https://doi.org/10.1016/S0169-7161\(05\)80052-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7161(05)80052-5)
- Ogundari, K., y Awokuse, T. (2018). Human capital contribution to economic growth in Sub-Saharan Africa: Does health status matter more than education? *Economic Analysis and Policy*, 58, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2018.02.001>
- Onyinye, N. G., Idenyi, O. S., y Ifeyinwa, A. C. (2017). Effect of Capital Formation on Economic Growth in Nigeria. *Asian Journal of Economics, Business and Accounting*, 5(1), 1–16. <https://doi.org/10.9734/AJEBA/2017/36075>
- Organización Internacional del Trabajo. (2020). *Los jóvenes y la COVID-19: Efectos en los empleos, la educación, los derechos y el bienestar mental*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_753054.pdf
- Organización Internacional para las Migraciones. (2018). *Informe sobre las migraciones en el mundo 2018* (M. McAuliffe, Marie; Ruhs (ed.)). Organización Internacional para las Migraciones. <https://publications.iom.int/es/books/informe-sobre-las-migraciones-en-el-mundo-2018>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2013). Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE) 2011. In *Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE) 2011*. <https://www.educacionyfp.gob.es/va/dam/jcr:a60265fe-7b79-4b8b-a615-ace845e3ed1c/cine2011esp.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017a). Informe de seguimiento de la educación en el mundo: La educación al servicio de los pueblos y el planeta: Creación de futuros sostenibles para todos. In A. Quan (Ed.), *Informe de seguimiento de la educación en el mundo-La educación al servicio de los pueblos y el planeta: Creación de futuros sostenibles para todos* (1era ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000248526/PDF/248526spa.pdf.multi>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017b). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo 2017/8: Rendir cuentas en el ámbito de la educación: cumplir nuestros compromisos* (J. González, María E.; Hutchings (ed.); 1era ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261016/PDF/261016spa.pdf.multi>

Organization for Economic Cooperation Development, y World Trade Organization. (2017). Spanning the internet divide to drive development. In *Aid for trade at a glance 2017: Promoting trade, inclusiveness and connectivity for sustainable development* (6th ed., pp. 143–178). Organization for Economic Cooperation and Development and World Trade Organization.

https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/aid_glance-2017-8-en.pdf?expires=1670104831&id=id&accname=guest&checksum=07CC2C8A8774DB15DDB3AF5B06E61C37

Papaioannou, S. K., y Dimelis, S. P. (2007). Information Technology as a Factor of Economic Development: Evidence from Developed and Developing Countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 16(3), 179–194. <https://doi.org/10.1080/10438590600661889>

Pasban, M., y Nojehdeh, S. H. (2016). A Review of the Role of Human Capital in the Organization. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 230, 249–253. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.09.032>

Pegkas, P., y Tsamadias, C. (2014). Does Higher Education Affect Economic Growth? The Case of Greece. *International Economic Journal*, 28(3), 425–444. <https://doi.org/10.1080/10168737.2014.894551>

- Pelinescu, E. (2015). The impact of human capital on economic growth. *Procedia Economics and Finance*, 22, 184–190. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00258-0](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00258-0)
- Pereira, J., y Aubyn, M. St. (2009). What level of education matters most for growth? Evidence from Portugal. *Economics of Education Review*, 28(1), 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2007.12.001>
- Perez-Sebastian, F. (2007). Public support to innovation and imitation in a non-scale growth model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(12), 3791–3821. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2006.12.011>
- Petrakis, P. E., y Stamatakis, D. (2002). Growth and educational levels : a comparative analysis. *Economics of Education Review*, 21(5), 513–521. [https://doi.org/10.1016/s0272-7757\(01\)00050-4](https://doi.org/10.1016/s0272-7757(01)00050-4)
- Pohjola, M. (2000). *Information Technology and Economic Growth: A Cross-Country Analysis* (Working Papers No. 173; January 2000). <https://www.wider.unu.edu/sites/default/files/wp173.pdf>
- Pritchett, L. (2001). Where Has All the Education Gone? *The World Bank Economic Review*, 15(3), 367–391. <http://www.jstor.org/stable/3990107>
- Qadri, F. S., y Waheed, A. (2014). Human capital and economic growth: A macroeconomic model for Pakistan. *Economic Modelling*, 42, 66–76. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.05.021>
- Rebelo, S. (1991). Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500–521. <https://doi.org/10.1086/261764>
- Reisman, D. (2004). Schumpeter's market: Enterprise and evolution. In *Schumpeter's Market: Enterprise and Evolution*. Edward Elgar Publishing Limited.
- Rohman, I. K., y Bohlin, E. (2012). Does broadband speed really matter as a driver of economic growth? Investigating OECD countries. *Journal of Management and Network Economics*, 2(4), 336–356. <https://doi.org/10.1504/ijmne.2012.051888>
- Röller, L.-H., y Waverman, L. (2001). Telecommunications Infrastructure and economic Development: A Simultaneous Approach. *The American Review*, 91(4), 909–923. <http://www.jstor.org/stable/2677818>

- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. <http://www.jstor.org/stable/1833190>
- Romer, P. M. (1987). Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization. *The American Economic Review*, 77(2), 56–62. <http://www.jstor.org/stable/1805429>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Chicago Journals*, 98(5), S71–S102. <http://www.jstor.org/stable/2937632>
- Roodman, D. (2009). How to do xtabond2 : An introduction to difference and system GMM in Stata. *The Stata Journal*, 9(1), 86–136. <https://doi.org/10.1177/1536867X0900900106>
- Sadorsky, P. (2012). Information communication technology and electricity consumption in emerging economies. *Energy Policy*, 48, 130–136. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.064>
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico* (Antoni Bosch Editor (ed.); 2da ed.). Antoni Bosch Editor.
- Sassi, S., y Goaid, M. (2013). Financial development , ICT diffusion and economic growth : Lessons from MENA region. *Telecommunications Policy*, 37(4–5), 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2012.12.004>
- Schafer, J. L. (1999). Multiple imputation: a primer. *Statistical Methods in Medical Research*, 8(1), 3–15. <https://doi.org/10.1177/096228029900800102>
- Schmidheiny, K. (2020). *Panel Data : Fixed and Random Effects*. Short Guides to Microeconometrics. <https://www.schmidheiny.name/teaching/panel2up.pdf>
- Schultz, T. W. (1993). The Economic Importance of Human Capital in Modernization. *Education Economics*, 1(1), 13–19. <https://doi.org/10.1080/09645299300000003>
- Shoul, B. (1965). Similarities in the Work of John Stuart Mill and Karl Marx. *Science & Society*, 29(3), 270–295. <https://doi.org/10.2307/40401125>
- Sidrauski, M. (1967). Inflation and economic growth. *Journal of Political Economy*, 75(6), 796–810. <https://doi.org/10.1086/259360>
- Solarin, S. A., y Yen, Y. Y. (2016). A global analysis of the impact of research output on economic growth. *Scientometrics*, 108(2), 855–874.

<https://doi.org/10.1007/s11192-016-2002-6>

- Solomon, E. M., y Van Klyton, A. (2020). The impact of digital technology usage on economic growth in Africa. *Utilities Policy*, 67, 101104. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101104>
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Stockman, A. C. (1981). Anticipated inflation and the capital stock in a cash in-advance economy. *Journal of Monetary Economics*, 8(3), 387–393. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(81\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(81)90018-0)
- Teixeira, A. A. C., y Queirós, A. S. S. (2016). Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. *Research Policy*, 45(8), 1636–1648. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.04.006>
- Temple, J. (1999). The New Growth Evidence. *Journal of Economic Literature*, 37(1), 112–156. <https://doi.org/10.1257/jel.37.1.112>
- The International Commission on Financing Global Educational Opportunity. (2016). The learning generation: Investing in education for a changing world. In G. Sacks (Ed.), *The learning generation: Investing in education for a changing world*. The International Commission on Financing Global Education Opportunity. https://report.educationcommission.org/wp-content/uploads/2016/09/Learning_Generation_Full_Report.pdf
- Tobin, J. (1965). Money and Economic Growth. *Econometrica*, 33(4), 671–684. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1910352>
- Topcu, E., Altinoz, B., y Aslan, A. (2020). Global evidence from the link between economic growth , natural resources , energy consumption , and gross capital formation. *Resources Policy*, 66, 101622. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101622>
- Twisk, J., y de Vente, W. (2002). Attrition in longitudinal studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, 55(4), 329–337. [https://doi.org/10.1016/s0895-4356\(01\)00476-0](https://doi.org/10.1016/s0895-4356(01)00476-0)
- Ucak, A. (2015). Adam Smith : The Inspirer of Modern Growth Theories. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 663–672.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.258>

Uneze, E. (2013). The relation between capital formation and economic growth : evidence from sub-Saharan African countries. *Journal of Economic Policy Reform*, 16(3), 272–286. <https://doi.org/10.1080/17487870.2013.799916>

Unión Internacional de Telecomunicaciones, y Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2019). Estudio de caso: El ecosistema digital y la masificación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en Ecuador 2019. In *ITU Publications*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF-CS_ECUADOR-2019-PDF-S.pdf

Uzawa, H. (1965). Optimum Technical Change in An Aggregative Model of Economic Growth. *International Economic Review*, 6(1), 18–31. <https://doi.org/10.2307/2525621>

Vandenbussche, J., Aghion, P., y Meghir, C. (2006). Growth , distance to frontier and composition of human capital. *Journal of Economic Growth*, 11(2), 97–127. <https://doi.org/10.1007/s10887-006-9002-y>

Vieira do Nascimento, D. E., Mutize, T., y Roser Chinchilla, J. F. (2020). *Hacia el acceso universal a la educación superior: tendencias internacionales*. UNESCO-IESALC. <https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/11/acceso-universal-a-la-ES-ESPANOL.pdf>

Vu, K. M. (2011). ICT as a source of economic growth in the information age: Empirical evidence from the 1996-2005 period. *Telecommunications Policy*, 35(4), 357–372. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2011.02.008>

Walker, A. (1971). Karl Marx , the Declining Rate of Profit and British Political Economy. *Economica*, 38(152), 362–377. <https://doi.org/10.2307/2551878>

Waverman, L., Meschi, M., y Fuss, M. (2005). *Africa : The Impact of Mobile Phones* (No. 3; The Vodafone Policy Paper Series). https://sarpn.org/documents/d0001181/P1309-Vodafone_March2005.pdf

Were, M. (2015). Differential effects of trade on economic growth and investment : A cross-country empirical investigation. *Journal of African Trade*, 2(1–2), 71–85.

<https://doi.org/10.1016/j.joat.2015.08.002>

Woodhall, M. (1987). Human Capital Concepts. In G. Psacharopoulos (Ed.), *Economics of Education* (pp. 21–24). Pergamon Books Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-033379-3.50011-5>

Wooldridge, J. M. (2001). Applications of Generalized Method of Moments Estimation. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 87–100. <https://doi.org/10.1257/jep.15.4.87>

Wooldridge, J. M. (2010). Econometric Analysis of cross section and panel data. In J. Covell & N. Lombardi (Eds.), *Dairy Science & Technology*, CRC Taylor & Francis Group (2nd ed., Issue June). The MIT Press.

Wooldridge, J. M. (2019). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (Cengage Learning (ed.); 7th ed.). Cengage Learning.

World Bank. (2017). World Development Indicators 2017. In *World Development Indicators 2017*. World Bank Group. <https://repository.gheli.harvard.edu/repository/10969/>

World Bank. (2018a). *World Bank Country and Lending Groups*. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>

World Bank. (2018b). World Development Report 2018: Learning to Realize Education’s Promise. In G. Holtz, Paul; Ross-Larson, Bruce; Ledent, Sabra; Larsen (Ed.), *Learning to Realize Education’s Promise*. The World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2018>

World Bank. (2022a). *How are the income group thresholds determined?* <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/378833-how-are-the-income-group-thresholds-determined>

World Bank. (2022b). *Metadata Glossary*. Data Bank. <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/all/series>

World Bank. (2022c). *The World Bank Atlas method - detailed methodology*. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/378832-what-is-the-world-bank-atlas-method>

- Yang, X. (2020). Health expenditure, human capital, and economic growth: an empirical study of developing countries. *International Journal of Health Economics and Management*, 20(2), 163–176. <https://doi.org/10.1007/s10754-019-09275-w>
- Yasmeen, H., Tan, Q., Zameer, H., Vinh, X., y Shahbaz, M. (2021). Discovering the relationship between natural resources , energy consumption , gross capital formation with economic growth : Can lower financial openness change the curse into blessing. *Resources Policy*, 71, 102013. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102013>
- Yoon, C. (2020). Digital Africa: An Analysis of Digital Trends in Africa and their Driving Factors. In A. Froehlich (Ed.), *Space Fostering African Societies: Developing the African Continent through Space, Part 1* (pp. 109–133). Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32930-3>
- Yousefi, A. (2011). The impact of information and communication technology on economic growth : evidence from developed and developing countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 20(6), 581–596. <https://doi.org/10.1080/10438599.2010.544470>
- Zhang, H., Li, L., y Chen, J. (2016). Empirical Study on Influence Factors of Capital Structure of Chinese Real Estate Listed Companies. In Y. Wu, S. Zheng, J. Luo, W. Wang, Z. Mo, & L. Shan (Eds.), *Proceedings of the 18th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate* (20th ed., pp. 687–696). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0855-9_60
- Ziegler, S., Arias-Segura, J., Bosio, M., y Camacho, K. (2020). *Conectividad rural en América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/12896>
- Zuhdi, U., Mori, S., y Kamegai, K. (2012). Analyzing the role of ICT sector to the national economic structural changes by decomposition analysis: The case of Indonesia and Japan. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, 749–754. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.194>
- Zweig, K. (1979). Smith, Malthus, Ricardo, and Mill. The forerunners of limits to growth. *Futures*, 11(6), 510–523. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(79\)90048-X](https://doi.org/10.1016/0016-3287(79)90048-X)

ANEXOS

Anexo A. Listado de países incluidos en los grupos de interés y categorización dependiendo del nivel de ingreso al que pertenece

Tabla A.1. *Categorización de países por grupo analizado y nivel de ingreso*

Modelo alto ingreso	Modelo bajo y medio ingreso
<ol style="list-style-type: none">1. Austria2. Bélgica3. Brunéi4. Canadá5. Suiza6. Chile7. Chipre8. República Checa9. Dinamarca10. España11. Estonia12. Finlandia13. Francia14. Reino Unido15. Grecia16. Croacia17. Hungría18. Irlanda19. Islandia20. Israel21. Italia22. Corea del Sur23. Lituania24. Letonia25. Macao26. Malta27. Noruega28. Omán29. Portugal30. República Eslovaca31. Eslovenia32. Suecia	<p>Ingreso bajo</p> <ol style="list-style-type: none">1. Burkina Faso2. Burundi3. Madagascar4. Mozambique5. Níger6. Nepal7. Ruanda <p>Ingreso medio bajo</p> <ol style="list-style-type: none">1. Cabo Verde2. Egipto3. Ghana4. Honduras5. Indonesia6. India7. Kirguistán8. Mauritania9. Pakistán10. El Salvador <p>Ingreso medio alto</p> <ol style="list-style-type: none">1. Albania2. Bulgaria3. Bielorrusia4. Brasil5. Colombia6. Irán7. Kazajistán8. México9. Macedonia del Norte10. Mauricio11. Malasia12. Rusia13. Serbia14. Sudáfrica

Fuente: Clasificación obtenida de World Bank (2018a)

Elaborado por: Autora

Anexo B. Ejemplo de interpolación lineal

Los datos a tomar en cuenta en el siguiente ejemplo se obtendrán de la base de datos considerada en el presente estudio. Es decir, se extrae la información de la base de datos del Banco Mundial (2018a).

A continuación, se presenta la serie temporal correspondiente a la variable Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%) del individuo Burundi. En la **Tabla B.1**, se evidencia que el dato del año 2011 no se encuentra disponible.

Tabla B.1. *Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%), Burundi periodo 2010-2017 (antes de imputar)*

INDIVIDUO	CODIGO	ANIO	TER
Burundi	BDI	2010	3,25461006
Burundi	BDI	2011	
Burundi	BDI	2012	3,06924009
Burundi	BDI	2013	3,77758002
Burundi	BDI	2014	4,54624987
Burundi	BDI	2015	5,13303995
Burundi	BDI	2016	3,6810801
Burundi	BDI	2017	3,91796994

Fuente: Base de datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Canale y Chapra (2010) proponen que el método de interpolación lineal está dado por la siguiente ecuación:

$$g(x) = g(x_0) + \frac{g(x_1) - g(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

En dónde:

x = variable independiente cuyo valor asociado a $g(x)$ no se conoce.

x_0 y x_1 = variables independientes correspondientes a los puntos conocidos.

$g(x_0)$ y $g(x_1)$ = valores dependientes correspondientes a los puntos conocidos.

En el caso de la presente investigación, x , x_0 y x_1 corresponden a las series temporales y $g(x)$, $g(x_0)$ y $g(x_1)$ pertenecen a los valores de la variable independiente de interés asociada a dichas series temporales.

En el ejemplo anterior:

$$x_0 = 2010$$

$$x_1 = 2012$$

$$g(x_0) = 3,25461006$$

$$g(x_1) = 3,06924009$$

Reemplazando:

$$TER_{Burundi,2011} = 3,25461006 + \frac{3,06924009 - 3,25461006}{2012 - 2010} (2011 - 2010)$$

$$g(x) = 3,16192508$$

Lo que se reduce a lo propuesto por Twisk y de Vente (2002):

$$TER_{Burundi,2011} = \frac{3,06924009 + 3,25461006}{2}$$

$$g(x) = 3,16192508$$

El resultado final sería:

Tabla B.2. Tasa bruta de matrícula en educación terciaria, ambos sexos (%), Burundi periodo 2010-2017 (después de imputar por interpolación lineal)

INDIVIDUO	CODIGO	ANIO	TER
Burundi	BDI	2010	3,25461006
Burundi	BDI	2011	3,16192508
Burundi	BDI	2012	3,06924009
Burundi	BDI	2013	3,77758002
Burundi	BDI	2014	4,54624987
Burundi	BDI	2015	5,13303995
Burundi	BDI	2016	3,6810801
Burundi	BDI	2017	3,91796994

Fuente: Base de datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo C. Resultados del test de Little

Tabla C.1. Test de Little

Modelo	P-valor
Alto ingreso	0,0814
Medio y bajo ingreso	0,0860

Fuente: Resultados obtenidos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo D. Porcentaje de datos faltantes

Tabla D.1. *Datos faltantes por variable (países de alto ingreso)*

VARIABLES CON DATOS FALTANTES	NÚMERO DE DATOS FALTANTES	NÚMERO DE DATOS DISPONIBLES	PORCENTAJE DE DATOS FALTANTES POR VARIABLE
PRIM	1	255	0,39%
SEC	5	251	1,96%
TER	2	254	0,78%

Fuente: Resultados obtenidos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla D.2. *Datos faltantes del total de información disponible para el grupo de países de alto ingreso*

NÚMERO DE DATOS FALTANTES DEL TOTAL DE INFORMACIÓN DISPONIBLE	NÚMERO TOTAL DE DATOS DISPONIBLES	PORCENTAJE DE DATOS FALTANTES DEL TOTAL DISPONIBLE
8	2552	0,31%

Fuente: Resultados obtenidos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla D.3. *Datos faltantes por variable (países de medio y bajo ingreso)*

VARIABLES CON DATOS FALTANTES	NÚMERO DE DATOS FALTANTES	NÚMERO DE DATOS DISPONIBLES	PORCENTAJE DE DATOS FALTANTES POR VARIABLE
PRIM	7	241	2,82%
SEC	10	238	4,03%
TER	10	238	4,03%
INT	1	247	0,40%

Fuente: Resultados obtenidos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla D.4. *Datos faltantes del total de información disponible para el grupo de países de medio y bajo ingreso*

NÚMERO DE DATOS FALTANTES DEL TOTAL DE INFORMACIÓN DISPONIBLE	NÚMERO TOTAL DE DATOS DISPONIBLES	PORCENTAJE DE DATOS FALTANTES DEL TOTAL DISPONIBLE
28	2452	1,13%

Fuente: Resultados obtenidos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo E. Análisis de correlaciones y multicolinealidad

Tabla E.1. Matriz de correlaciones (grupo de alto ingreso)

Variable	CREC	PRIM	SEC	TER	CEL	INT	BAND	INV	COM	INF
CREC	1,0000									
PRIM	-0,1278	1,0000								
SEC	-0,0201	0,2959	1,0000							
TER	0,0189	-0,2568	0,2426	1,0000						
CEL	0,0047	-0,1174	-0,2055	-0,0378	1,0000					
INT	0,0758	0,0391	0,3941	0,2174	-0,1523	1,0000				
BAND	0,1391	-0,0849	0,3470	0,3806	-0,1424	0,6677	1,0000			
INV	0,0125	0,1161	-0,0019	-0,1904	-0,1252	0,2898	-0,0971	1,0000		
COM	0,2754	-0,1149	-0,0752	-0,2826	0,0564	-0,0449	0,0021	0,0928	1,0000	
INF	-0,0398	-0,1893	-0,1185	0,0676	0,2799	-0,1203	-0,1091	-0,0661	-0,0165	1,0000

Fuente: Correlaciones obtenidas al considerar los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla E.2. Matriz de correlaciones (grupo de medio y bajo ingreso)

Variable	CREC	PRIM	SEC	TER	CEL	INT	BAND	INV	COM	INF
CREC	1,0000									
PRIM	0,0130	1,0000								
SEC	-0,0242	-0,0295	1,0000							
TER	-0,0205	-0,1670	0,8086	1,0000						
CEL	0,0053	-0,1822	0,7934	0,6665	1,0000					
INT	-0,0681	-0,1718	0,8235	0,7954	0,7480	1,0000				
BAND	-0,0788	-0,1946	0,6743	0,8491	0,5439	0,8076	1,0000			
INV	0,1716	-0,0745	-0,0467	0,0382	-0,0829	-0,0972	-0,0731	1,0000		
COM	0,0858	-0,2664	0,2332	0,2916	0,2963	0,3162	0,3992	0,2724	1,0000	
INF	-0,1299	0,1315	0,0875	0,2129	-0,0649	-0,0690	0,0976	0,1143	-0,0260	1,0000

Fuente: Correlaciones obtenidas al considerar los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Análisis:

En cuanto al análisis de las correlaciones, el grupo de los países de alto ingreso no presenta valores muy altos. La correlación más alta entre variables explicativas es la existente entre INT y BAND con una cifra de 66,77%. Lo anterior, sugiere que en este grupo de países el uso del internet depende de la infraestructura de banda ancha fija. Por otro lado, la correlación del internet y la telefonía móvil resulta ser negativa y relativamente baja de -15,23%. Al respecto, esta cifra podría ser señal de que en este conjunto de economías los usuarios no consideran a la telefonía móvil como un medio

por el cual el internet debería ser utilizado. Por tanto, todo lo mencionado sugiere que en los países de alto ingreso los usuarios prefieren utilizar internet por medio de la banda ancha fija, mas no mediante la telefonía móvil.

Respecto a los países de medio y bajo ingreso, se observa que las correlaciones más altas involucran a las variables referentes a la educación SEC y TER y las variables relacionadas a las TIC (banda ancha, internet y telefonía móvil). Así, las correlaciones existentes entre TER y las variables TIC que se evalúan, presentan una correlación mayor al 66%. Lo propio sucede con las correlaciones evidenciadas entre SEC y las TIC, pues muestran una correlación que sobrepasa el 67% para los tres casos. En consecuencia, se evidencia que, en este grupo de países el uso de las TIC se encuentra muy ligado a habilidades, conocimientos y aptitudes adquiridas en los niveles de educación secundaria y terciaria. Además, esto podría indicar que son las personas que cursan estos niveles de educación las que utilizan estas tecnologías en las actividades en las que se desenvuelven, por ejemplo, en el ámbito laboral. De igual manera, la correlación de 80,86% que se presenta entre SEC y TER sugiere que en estos países la educación terciaria y secundaria no evidencian diferencias significativas. Finalmente, INT y BAND y CEL e INT presentan correlaciones altas de 80,76% y 74,80% respectivamente. Esto señala que los individuos tienden a usar el internet tanto por medio de la telefonía móvil como de la banda ancha fija; no obstante, es más probable que aprovechen el servicio de internet mediante la banda ancha fija.

Tabla E.3. *Análisis de multicolinealidad (modelo de alto ingreso)*

Variable	Factor de Inflación de la Varianza (VIF)	1/VIF
CEL	25,72	0,038873
CEL2	25,59	0,039072
INT	2,53	0,395328
BAND	2,48	0,402643
TER	1,53	0,651816
SEC	1,48	0,677212
INV	1,40	0,715305
PRIM	1,37	0,728000
COM	1,19	0,837690
INF	1,14	0,873710

Fuente: Análisis de multicolinealidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla E.4. Análisis de multicolinealidad (modelo de medio y bajo ingreso)

Variable	Factor de Inflación de la Varianza (VIF)	1/VIF
INT	7,03	0,142297
BAND	6,05	0,165199
TER	5,94	0,168472
SEC	5,61	0,178184
INV	3,45	0,289877
PRIM	1,51	0,661204
COM	1,31	0,763665
CEL	1,27	0,786089
INF	1,21	0,823513

Fuente: Análisis de multicolinealidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo F. Elección entre MCO agrupados y efectos fijos

Tabla F.1. Prueba F restringida

Modelo	P-valor
Alto ingreso	0,0000
Medio y bajo ingreso	0,0000

Fuente: Pruebas de validación para modelos estimados por efectos fijos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo G. Elección entre efectos aleatorios y efectos fijos

Tabla G.1. Test de Hausman

Modelo	P-valor
Alto ingreso	0,0000
Medio y bajo ingreso	0,0061

Fuente: Pruebas de validación para modelos estimados por efectos fijos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo H. Prueba de efectos fijos bidireccionales

Tabla H.1. *Prueba de efectos fijos bidireccionales*

Modelo	P-valor
Alto ingreso	0,0029
Medio y bajo ingreso	0,1919

Fuente: Pruebas de validación para modelos estimados por efectos fijos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo I. Prueba de heterocedasticidad modificada para datos de panel

Tabla I.1. *Prueba de heterocedasticidad modificada para datos de panel*

Modelo	P-valor
Alto ingreso	0,0000
Medio y bajo ingreso	0,0000

Fuente: Pruebas de validación para modelos estimados por efectos fijos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo J. Prueba de correlación contemporánea o dependencia transversal

Tabla J.1. *Prueba de correlación contemporánea*

Modelo	P-valor
Alto ingreso	0,6099
Medio y bajo ingreso	0,6516

Fuente: Pruebas de validación para modelos estimados por efectos fijos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo K. Test de Ramsey modificado para panel (antes de incluir CEL2 en el modelo de alto ingreso)

Tabla K.1. *Test de Ramsey modificado para panel (resultados antes de agregar al modelo de alto ingreso la variable CEL2)*

Modelo	P-valor
Alto ingreso	0,0147
Medio y bajo ingreso	0,7695

Fuente: Pruebas de validación para modelos estimados por efectos fijos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo L. Test de Ramsey modificado para panel (después de incluir CEL2 en el modelo de alto ingreso)

Tabla L.1. *Test de Ramsey modificado para panel (resultados después de agregar al modelo de alto ingreso la variable CEL2)*

Modelo	P-valor
Alto ingreso	0,6198
Medio y bajo ingreso	0,7695

Fuente: Pruebas de validación para modelos estimados por efectos fijos considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo M. Test de Durbin-Wu-Hausman robusto a la heterocedasticidad aplicado a datos de panel

Tabla M.1. *Test de Durbin-Wu-Hausman (modelo de alto ingreso)*

Variable	Prueba de Durbin-Wu- Hausman p-valor	Exógena/ Endógena
PRIM	0,1583	Exógena
SEC	0,6003	Exógena
TER	0,4873	Exógena
INT	0,4946	Exógena
CEL y CEL2	0,1444	Exógenas
BAND	0,9060	Exógena
INV	0,1553	Exógena
COM	0,4377	Exógena
INF	0,0120	Endógena

Fuente: Análisis de endogeneidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla M.2. *Test de Durbin-Wu-Hausman (modelo de medio y bajo ingreso)*

Variable	Prueba de Durbin-Wu- Hausman p-valor	Exógena/ Endógena
PRIM	0,3644	Exógena
SEC	0,8098	Exógena
TER	0,9557	Exógena
INT	0,0161	Endógena
CEL	0,2865	Exógena
BAND	0,0004	Endógena
INV	0,0790	Exógena
COM	0,6267	Exógena
INF	0,1441	Exógena

Fuente: Análisis de endogeneidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo N. Prueba de subidentificación

Tabla N.1. Prueba de subidentificación (modelo de alto ingreso)

Variable	Prueba de subidentificación p-valor	¿La ecuación está subidentificada?
PRIM	0,0001	No
SEC	0,0000	No
TER	0,0000	No
INT	0,0000	No
CEL y CEL2	0,0000	No
BAND	0,0000	No
INV	0,0018	No
COM	0,0000	No
INF	0,0012	No

Fuente: Análisis de endogeneidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla N.2. Prueba de subidentificación (modelo de medio y bajo ingreso)

Variable	Prueba de subidentificación p-valor	¿La ecuación está subidentificada?
PRIM	0,0000	No
SEC	0,0000	No
TER	0,0000	No
INT	0,0000	No
CEL	0,0000	No
BAND	0,0000	No
INV	0,0013	No
COM	0,0000	No
INF	0,1822	Si

Fuente: Análisis de endogeneidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo O. Prueba de identificación débil

Tabla O.1. Valores críticos de la prueba de identificación débil de Stock-Yogo

10% del tamaño IV máximo	15% del tamaño IV máximo	20% del tamaño IV máximo	25% del tamaño IV máximo
16,38	8,96	6,66	5,53

Fuente: Análisis de endogeneidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla O.2. Prueba de identificación débil (modelo de alto ingreso)

Variable	Prueba de identificación débil Estadística F de Kleibergen-Paap rk Wald	Débil/Fuerte
PRIM	19,028	Fuerte
SEC	30,143	Fuerte
TER	471,683	Fuerte
INT	196,614	Fuerte
CEL y CEL2	30,448	Fuerte
BAND	292,617	Fuerte
INV	17,327	Fuerte
COM	79,629	Fuerte
INF	13,366	Fuerte

Fuente: Pruebas de análisis de endogeneidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Tabla O.3. Prueba de identificación débil (modelo de medio y bajo ingreso)

Variable	Prueba de identificación débil Estadística F de Kleibergen-Paap rk Wald	Débil/Fuerte
PRIM	94,093	Fuerte
SEC	193,181	Fuerte
TER	113,849	Fuerte
INT	197,318	Fuerte
CEL	124,550	Fuerte
BAND	413,656	Fuerte
INV	21,546	Fuerte
COM	35,508	Fuerte
INF	1,577	Débil

Fuente: Pruebas de análisis de endogeneidad considerando los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

Anexo P. Formalización de los modelos que se estimaron

Modelo de efectos fijos

Para entender el modelo de efectos fijos, primero se debe analizar el modelo de regresión con MCO agrupados o de coeficientes constantes⁴². En general, Gujarati y Porter (2010) señalan que el modelo en cuestión puede expresarse de la siguiente manera:

$$Y_{it} = \omega + \gamma X_{it} + \eta_{it} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$\eta_{it} \sim \text{iid} (0, \sigma_{\eta}^2)$$

En la ecuación (1)

i = i -ésima unidad de corte transversal (en este caso país).

t = serie temporal t (año).

Y_{it} = variable dependiente correspondiente al individuo i en el tiempo t .

X_{it} = vector que incluye a las variables independientes correspondientes al individuo i en el tiempo t .

De lo anterior, se deriva que su principal inconveniente es no considerar las diferencias entre individuos. Como resultado, la individualidad o singularidad de un individuo se incluye en el término de perturbación o error idiosincrático η_{it} . Lo anterior, provoca que exista la posibilidad de que el término de perturbación se correlacione con algunas de las regresoras del modelo y se produzcan estimaciones sesgadas e inconsistentes (Gujarati y Porter, 2010).

⁴² Para más información véase capítulo 16 en especial la sección 16.3 “Modelo de regresión con MCO agrupados o de coeficientes constantes” del libro “Econometría” de Gujarati y Porter (2010).

Ahora bien, partiendo de la limitación que evidencia el modelo de MCO agrupados, el modelo de efectos fijos⁴³ si considera la heterogeneidad existente entre sujetos. Es así que permite que cada unidad de corte transversal presente su propio intercepto diferencial (Gujarati y Porter, 2010). Por consiguiente, siguiendo el ejemplo de Wooldridge (2019), se procede a considerar el siguiente modelo:

$$Y_{it} = \omega_i + \gamma X_{it} + \eta_{it} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$E(X_{it}\eta_{if}) = 0 \text{ para } f = 1, 2, \dots, T$$

En (2):

i = i -ésima unidad de corte transversal.

t = serie temporal t .

Y_{it} = variable dependiente correspondiente al individuo i en el tiempo t .

X_{it} = vector que incluye a las variables independientes correspondientes al individuo i en el tiempo t .

η_{it} = es el término de error idiosincrático.

El modelo de efectos fijos funciona bajo los supuestos de exogeneidad estricta y la posible correlación arbitraria entre la constante ω_i y los regresores X_{it} (Wooldridge, 2019).

Wooldridge (2019) señala que las variables son estrictamente exógenas cuando el término de perturbación en cualquier periodo de tiempo presenta una esperanza nula condicional en las regresoras para todos los periodos. En consecuencia, para el autor la exogeneidad estricta implica que una variable es independiente de los términos de error pasados, presentes y futuros. Si este supuesto no se cumple, los estimadores obtenidos

⁴³ Véase capítulo 16 en especial la sección 16.4 “Modelo de mínimos cuadrados con variable dicótoma (MCVD) de efectos fijos” y la sección 16.5 “Estimador de efectos fijos dentro del grupo (DG) “del libro “Econometría” de Gujarati y Porter (2010). Asimismo, revítese capítulo 14 en especial la sección 14.1 “Fixed effects estimation” del libro “Introductory econometrics: A modern approach” de Wooldridge (2019).

por efectos fijos serían sesgados e inconsistentes (Gujarati y Porter, 2010; Wooldridge , 2019).

A continuación, se explica la manera en que funciona esta metodología. Por tanto, para cada unidad de corte transversal (i) se obtiene el promedio de la ecuación (2) en el tiempo (t):

$$\begin{aligned}\bar{Y}_i &= \gamma \bar{X}_i + (\omega_i + \bar{\eta}_i) \\ i &= 1, 2, \dots, N\end{aligned}\tag{3}$$

Donde:

$$\bar{Y}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T Y_{it}$$

ω_i se mantiene constante en el tiempo

Restando (3) de (2) para cada t se obtiene:

$$\begin{aligned}Y_{it} - \bar{Y}_i &= (X_{it} - \bar{X}_i)\gamma + (\omega_i - \omega_i) + (\eta_{it} - \bar{\eta}_i) \\ \hat{Y}_i &= \gamma \hat{X}_{it} + \hat{\eta}_{it}\end{aligned}\tag{4}$$

En la ecuación (4) se observa que el efecto inobservable ω_i se elimina. Así, en dicha ecuación se procede a realizar una estimación combinada de MCO conocida como estimador de efectos fijos o estimador intragrupal (within). El estimador se denomina estimador intragrupal ya que el MCO toma en cuenta el cambio en el tiempo en Y y X dentro de cada individuo (Wooldridge, 2019). De ahí que, se puede decir que este método busca presentar los valores de las variables correspondientes a cada unidad de corte transversal como desviaciones de sus valores medios. Por este motivo, los valores que se obtienen se conocen como valores sin media o valores corregidos por la media (Gujarati y Porter, 2010).

Método generalizado de momentos

A continuación, se procede a explicar la teoría sobre variables instrumentales. Pues, esta resulta útil al comprender el método generalizado de momentos⁴⁴. Ahora, considerando que en el presente estudio se trabaja con datos de panel, Wooldridge (2010) indica que el modelo de población puede ser expresado de la siguiente manera:

$$Y_i = X_i\gamma + \eta_i \quad (5)$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

Donde Y_i es un vector $T \times 1$, X_i es una matriz $T \times Q$ que incluye tanto variables endógenas como exógenas y η_i el vector de errores $T \times 1$. En (5) se debe suponer que para cada unidad de corte transversal i existen t unidades de series temporales. Por consiguiente, las filas de Y_i , X_i y η_i corresponden a series temporales. Asimismo, X_i en un determinado periodo de tiempo se compone de Q variables, de las cuales una es endógena (Wooldridge, 2010). En consecuencia, para cada unidad de corte transversal, (5) también puede expresarse de la siguiente manera:

$$Y_1 = X_1\gamma + \eta_1 \quad (6)$$

⋮

$$Y_T = X_T\gamma + \eta_T$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

En (6) cada ecuación t contiene a los vectores X_t de $1 \times Q_t$ y Y_t de $Q_t \times 1$. Así, considerando que X_t se compone tanto de variables exógenas como endógenas, estas últimas se encuentran correlacionadas con η_t . Así, para obtener parámetros consistentes se debe utilizar metodologías con variables instrumentales (Wooldridge, 2010).

La inclusión de una variable instrumental elimina el problema causado por la endogeneidad. Según Cameron y Trivedi (2009) ante la ausencia de endogeneidad, la variable independiente afecta directamente a la dependiente por medio de \hat{Y} . Por otro

⁴⁴ Para más información, revíse los capítulos 5 “Instrumental variables estimation of single-equation linear models”, el capítulo 8 “System estimation by instrumental variables” y el capítulo 14 “Generalized method of moments and minimum distance estimation” del libro “Econometric analysis of cross section and panel data” de Wooldridge (2010). Adicionalmente, revisar el estudio “Generalized method of moments: Econometric applications” de Ogaki (1993) y “Large sample properties of generalized method of moments estimators” de Hansen (1982).

lado, frente a la presencia de endogeneidad, el estimador \hat{Y} combina el efecto directo de la variable independiente con el efecto indirecto del término de error volviendo a \hat{Y} inconsistente y sesgado. No obstante, los autores indican que, al incluir una variable instrumental, esta solo afecta indirectamente a la variable dependiente por medio de la regresora independiente permitiendo que \hat{Y}^{IV} sea consistente. De ahí que, con el fin de solucionar el problema de identificación de los parámetros en cada ecuación de (6), Wooldridge (2010) indica que para cada variable endógena es indispensable contar con un instrumento z que resulte válido⁴⁵ y relevante⁴⁶.

Según Wooldridge (2010), para que el estimador de variables instrumentales sea consistente para cada ecuación de (6), se deben cumplir las siguientes condiciones.

Supuesto 1:

$$E(Z_t' \eta_t) = 0$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, T$$

En donde Z_t incluye M variables instrumentales observables. Es decir, Z_t contiene a todas las regresoras exógenas que actúan como instrumentos de sí mismas y a z variable instrumental de la variable endógena. Wooldridge (2010) indica que si se considera el vector X_t , la condición de ortogonalidad presentada en el supuesto 1 se cumpliría para todo elemento excepto para la variable endógena. Como resultado, es necesario utilizar el vector Z_t . Pues, solo así, el supuesto 1 se cumple para las Q condiciones de momento en cada ecuación de (6). Esto dado que tomando en cuenta el supuesto de validez del instrumento, la condición de momento $E(z_t \eta_t) = 0$ se cumple.

Supuesto 2:

$$\text{rango } E(Z_t' X_t) = Q$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, T$$

Adicionalmente, Wooldridge (2010) expone que para obtener un modelo exactamente identificado se debe satisfacer la condición de $\text{rango } E(Z_t' X_t) = Q$. Conforme con Baum et al. (2007), esta condición se cumple solo si se dispone de un

⁴⁵ Wooldridge (2010) expone que un instrumento es válido cuando no se correlaciona con el término de perturbación.

⁴⁶ Wooldridge (2010) indica que un instrumento resulta relevante cuando presenta una correlación no nula con la variable endógena condicionada a las demás regresoras exógenas en cada ecuación de (6).

instrumento relevante. Pues, de no ser así, el rango de $E(Z_t'X_t)$ sería inferior a Q causando la subidentificación del modelo. Con relación a eso, Gujarati y Porter (2010) advierten que el número de instrumentos (M) siempre debe ser mayor o igual al número de variables explicativas (Q). Los autores recalcan que de no satisfacerse lo anterior, la estimación de los parámetros estructurales es imposible.

Seguidamente se explica el procedimiento para obtener el \hat{Y}^{GMM} que resulte tanto consistente como eficiente asintóticamente en dos posibilidades: (i) cuando el modelo se encuentra perfectamente identificado y, (ii) cuando el modelo se encuentra sobreidentificado. Si bien en el presente estudio solo se hizo referencia al modelo perfectamente identificado, la explicación que se expone permite entender de manera general en que consiste el método generalizado de momentos en un contexto de datos de panel. Asimismo, es posible entender el por qué se considera al método generalizado de momentos como un marco unificador de estimadores de gran interés en la econometría. De acuerdo con Wooldridge (2010) y Ogaki (1993), este procedimiento se aplica tanto a modelos perfectamente identificados como sobreidentificados. No obstante, para el caso de los primeros, la matriz de ponderación τ no resulta importante. En cambio, cuando el modelo se encuentra sobreidentificado es trascendental encontrar dicha matriz.

Según Wooldridge (2010), el método generalizado de momentos se establece basándose en funciones de momento. Estas funciones de momento se expresan en función de un vector Y de parámetros desconocidos y un vector Φ_i de variables aleatorias observables. Dichas funciones cumplen la siguiente condición:

$$E [h(\Phi_i, Y)] = 0 \quad (7)$$

Wooldridge (2010) recalca que en (7) la función de momento $h(\Phi_i, Y)$ puede ser tanto lineal como no lineal. En el caso lineal, $h(\Phi_i, Y)$ puede expresarse como $Z'_i(Y_i - X_iY)$. Por ende, la expresión (7) se puede escribir de la siguiente manera:

$$E [Z'_i(Y_i - X_iY)] = 0 \quad (8)$$

Wooldridge (2010) denota que (8) es la condición de momento de población de conjuntos lineales. En (8), el vector Y es un vector $Q \times 1$ que cumple tanto el supuesto 1 como el supuesto 2. Por ende, es seguro afirmar que Y se encuentra identificado. En este punto, Ogaki (1993) señala que es posible estimar Y a partir de la muestra. Pues, los promedios muestrales son consistentes con el estimador de momentos poblacional. Aun

así, según Wooldridge (2010) existen dos posibilidades: (i) la estimación de modelos exactamente identificados y, (ii) la estimación de modelos sobreidentificados.

Si el modelo se encuentra exactamente identificado; es decir, si el número de instrumentos (M) iguala al número de variables incluidas en el vector X (Q), se puede enfrentar dos situaciones. Por un lado, si X y Z difieren, el estimador del método generalizado de momentos concuerda con el estimador de IV. Por otra parte, si $X = Z$, se obtiene el estimador de mínimos cuadrados ordinarios (Wooldridge, 2010). A continuación se presenta el estimador de IV para datos de panel expuesto en Wooldridge (2010):

$$\hat{Y} = (Z'X)^{-1} Z'Y \quad (9)$$

En (9), Z es una matriz de $NT \times M$, considerando que Z incluye a Z_i con $i = 1, 2, 3, \dots, N$; X es una matriz de $NT \times M$ que comprende a X_i con $i = 1, 2, 3, \dots, N$; y, el vector Y de $NT \times 1$ que agrupa a Y_i en donde $i = 1, 2, 3, \dots, N$ (Wooldridge, 2010).

En tanto que, si el modelo se encuentra sobreidentificado; es decir, si $M > Q$, existen varias soluciones. De ahí que, la estimación de \hat{Y} se complica (Wooldridge, 2010). Es en este contexto, en el que tanto Ogaki (1993) como Wooldridge (2010) recalcan que la matriz de ponderación τ toma importancia al momento de obtener el estimador de interés. De acuerdo con Wooldridge (2010), para que \hat{Y} sea consistente, además de cumplir los supuestos ya señalados, \hat{Y} debe cumplir con un tercer supuesto.

Supuesto 3:

$$\hat{\tau} \xrightarrow{p} \tau \text{ cuando } N \rightarrow \infty$$

Wooldridge (2010) expone que en el supuesto 3, τ es una matriz $L \times L$ simétrica, no aleatoria y positiva definida. Por tanto, $\hat{\tau}$ presenta las mismas características excepto que se asume como una matriz positiva semidefinida. Aun así, Ogaki (1993) alerta que varios estimadores \hat{Y} cumplen estos tres supuestos. Por esta razón, este autor enfatiza la necesidad de buscar una matriz de ponderación τ que permita obtener una varianza asintótica mínima. Esto resulta útil al conseguir un estimador asintóticamente eficiente.

Según Wooldridge (2010), la consistencia asintótica indica que siguiendo los tres primeros supuestos, $\sqrt{N} (\hat{Y} - Y)$ se encuentra normalmente distribuido de manera asintótica. Además, $\sqrt{N} (\hat{Y} - Y)$ presenta media cero y varianza asintótica

$(S'\tau S)^{-1}S'\tau\lambda\tau S (S'\tau S)^{-1}$, en donde $S = (N^{-1}\sum_{i=1}^N X'_i Z_i)$. De igual manera, Wooldridge (2010) menciona que para obtener un estimador asintóticamente eficiente, se debe escoger τ que minimice dicha varianza asintótica. Al respecto, Hansen (1982) demostró que esto se logra cuando $\tau = \lambda^{-1}$. De ahí que, la matriz de ponderación óptima debe cumplir los tres supuestos planteados y lo señalado por Hansen (1982).

El razonamiento previo recalca la urgencia de conocer λ para obtener el estimador de interés. En consecuencia, es necesario obtener $\hat{\lambda}$ que resulte consistente. Es así que para obtenerlo, Wooldridge (2010) indica el siguiente procedimiento:

- 1) Wooldridge (2010) señala que se debe considerar un estimador consistente \tilde{Y} . Por lo general, el estimador \tilde{Y} se obtiene utilizando el método de mínimos cuadrados en dos etapas, lo que es equivalente a tomar en cuenta $\lambda = (Z'Z)^{-1}$.

$$\begin{aligned}\tilde{\eta}_i &= Y_i - X_i\tilde{Y} & (10) \\ i &= 1, 2, \dots, N\end{aligned}$$

En donde generalmente:

$$\hat{Y}^{2SLS} = ((X'Z)(Z'Z)^{-1}(Z'X))^{-1} (X'Z)(Z'Z)^{-1} Z'Y \quad (11)$$

- 2) Wooldridge (2010) plantea que se debe reemplazar el vector de residuos en $\hat{\lambda}$.

$$\hat{\lambda} \equiv N^{-1} \sum_{i=1}^N Z'_i \tilde{\eta}_i \tilde{\eta}'_i Z_i \quad (12)$$

- 3) Finalmente, Wooldridge (2010) indica que tras obtener $\hat{\lambda}$, se debe reestimar utilizando la inversa de $\hat{\lambda}$ como la matriz de ponderación. Este procedimiento permitirá obtener un estimador del método generalizado de momentos consistente y asintóticamente eficiente. El estimador del método generalizado de momentos que se busca obtener resulta ser de la forma:

$$\hat{Y}^{GMM} = ((X'Z)(\hat{\lambda})^{-1}(Z'X))^{-1} (X'Z)(\hat{\lambda})^{-1} Z'Y \quad (13)$$

Por último, Wooldridge (2010) advierte que al considerar datos de panel, se trata de un conjunto de ecuaciones como se evidencia en (6). Entonces, tanto (11) como (13) deben ser estimados ecuación por ecuación. Esto implica que, con el fin de obtener la forma de (11) y (13), es necesario apilar los estimadores en un vector largo.

La explicación anterior corresponde al caso de modelos lineales. Si bien el razonamiento resulta parecido, el aplicar esta metodología a un modelo no lineal tiene

ciertas consideraciones (Wooldridge, 2010). En este sentido, Ogaki (1993) señala que en el caso de algunos modelos no lineales, el estimar λ de manera analítica es muy complicado. Por tanto, generalmente se utilizan métodos de optimización numérica.

Anexo Q. Estimación de modelos sin imputar, periodo 2012-2017

Tabla Q.1. Estimaciones del modelo correspondiente a los países de alto ingreso, periodo 2012-2017 (sin imputar)

Variables Independientes	Modelo 1	Modelo 2
	Efectos Fijos	MGM
PRIM	0,07062 (0,0941)	0,3545 (0,8533)
SEC	0,0174 (0,0311)	0,03088 (0,1721)
TER	0,0214 (0,0795)	0,0645 (0,1695)
CEL	0,1548*** (0,0759)	0,4876 (0,3799)
CEL2	-0,0005* (0,0002)	-0,0018 (0,0014)
INT	-0,0837 (0,0775)	-0,1576 (0,1590)
BAND	0,2704*** (0,1341)	0,6949 (0,6298)
INV	-0,3519 (0,3893)	-0,5359 (0,3666)
COM	0,0733* (0,0241)	0,1727** (0,0809)
INF	-0,8459** (0,3841)	-5,8470 (3,5731)
Cons	-19,7244 (15,359)	-
R ²	0,3226	0,1027
Prob > F ⁴⁷	0,0000	0,0002
N° de países	31	31
Prueba de Subidentificación: Chi-sq (1) P-val ⁴⁸		0,2360
Prueba de Identificación Débil ⁴⁹	Estadístico F Kleibergen-Paap rk Wald Valores críticos de Stock y Yogo	0,622 7,03 4,58 3,95 3,63

*p<0,01, **p<0,05 y ***p<0,10

Desviaciones estándar entre paréntesis

✓ Tanto el **Modelo 1** como el **Modelo 2** consideran efectos fijos bidireccionales.

✓ El R² que se reporta en el **Modelo 1** corresponde al R² within, mientras que el R² del **Modelo 2** es el centered R².

✓ El **Modelo 2** no reporta la constante ya que el comando utilizado no permite su estimación.

Fuente: Estimaciones a partir de los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

⁴⁷ Los modelos presentan significancia conjunta al considerar el 1%, 5% y 10% de significancia.

⁴⁸ Los resultados muestran que el instrumento no es relevante al considerar el 1%, 5% y 10% de significancia.

⁴⁹ El test de identificación débil evidencia que al no ser mayor el estadístico F Kleibergen-Paap rk Wald que ninguno de los valores críticos de Stock y Yogo, se concluye que el instrumento es débil.

VARIABLES EXÓGENAS: SEC, TER, INV, INT, BAND, COM, CEL y CEL2.

VARIABLES ENDÓGENAS: PRIM e INF.

Observaciones: Al momento de realizar el Test de Durbin-Wu-Hausman, el análisis determinó que, en el modelo de países de alto ingreso, los instrumentos utilizados por las variables INF e INV resultaron no ser relevantes al considerar tanto el 1%, 5% y 10% de significancia. Asimismo, los instrumentos en mención fueron débiles. Por otro lado, el instrumento utilizado para probar la exogeneidad de la variable CEL, aunque fue relevante al considerar el 5% y 10% de significancia, resultó ser débil. En consecuencia, los resultados obtenidos de la prueba pudieron verse afectados por estos inconvenientes.

Tabla Q.2. *Estimaciones de los modelos correspondientes a los países de medio y bajo ingreso, periodo 2012-2017 (sin imputar)*

Variables Independientes	Modelo 1
	Efectos Fijos
PRIM	0,1119** (0,487)
SEC	-0,1087** (0,0471)
TER	0,1344 (0,0995)
CEL	-0,0316 (0,0227)
INT	0,0406 (0,0391)
BAND	0,0057 (0,1708)
INV	-0,0808 (0,1222)
COM	0,0404** (0,0194)
INF	-0,0244 (0,0466)
Cons	-5,0446 (7,2078)
R ²	0,1316
Prob > F ⁵⁰	0,0096
Nº de países	24

*p<0,01, **p<0,05 y ***p<0,10

Desviaciones estándar entre paréntesis

- ✓ El **Modelo 1** considera solo efectos fijos a nivel de individuos.
- ✓ El R² que se reporta en el **Modelo 1** corresponde al R² within.

Fuente: Estimaciones a partir de los datos del Banco Mundial (2018a)

Elaboración: Autora

⁵⁰ El modelo presenta significancia conjunta al considerar el 5% y 10% de significancia.

Variables exógenas: PRIM, SEC, TER, CEL, INV, INT, BAND, COM e INF

Observaciones: Al momento de realizar el Test de Durbin-Wu-Hausman, el análisis determinó que, en el modelo de países de medio y bajo ingreso, los instrumentos utilizados por las variables INF e INV, aunque fueron relevantes al considerar el 5% y 10% de significancia, resultaron ser débiles. De ahí que, las conclusiones sobre exogeneidad obtenidas por la prueba pudieron verse afectadas.